HORS SÉRIE, VOL. I. 1960

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

SÉRIE EXTRAORDINAIRE ÉDITÉE
À L'OCCASION DU CENTENAIRE
DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL
5 JUN 1961

Dans le cadre des fêtes commémoratives du centenaire de la fondation de l'Institut agronomique, plusieurs colloques internationaux furent tenus à Gembloux, du 25 juillet au 4 août 1960.

Le Bulletin de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux est heureux de publier les communications qui furent présentées à cette occasion.

L'ensemble des diverses conférences est réuni dans trois volumes paraissant hors série. La table générale des matières est placée à la fin du troisième volume, chaque volume étant accompagné de son propre sommaire hors texte.

Le dernier volume sortira de presse dans le courant du mois de juin 1961.

Le prix de chaque volume est fixé à 250 F.B., somme à verser au Compte de Chèques postaux n° 7621.08 Patrimoine — Bulletin de l'Institut agronomique de Gembloux (Belgique), ou à payer par mandat postal.

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Toute reproduction des articles parus est strictement interdite sans autorisation du comité de rédacttion.

HORS SÉRIE, VOL. I. 1960

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

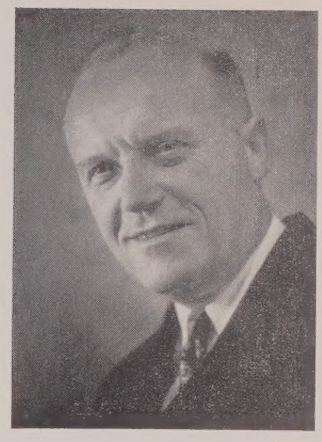
GEMBLOUX

SÉRIE EXTRAORDINAIRE ÉDITÉE
À L'OCCASION DU CENTENAIRE
DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

Imprimerie UNIVERSA, Wetteren (Belgique)

1860 - 1960

Prostyle de l'Institut agronomique



Préface

En 1960, l'Institut agronomique de l'État à Gembloux a fêté avec éclat le centenaire de sa fondation. Il a désiré qu'en cette circonstance, sur le plan scientifique, les manifestations revêtent une ampleur particulière. Avec la collaboration de plusieurs sociétés scientifiques, sous l'impulsion des meilleurs représentants de son École, le Comité des Fêtes a organisé quatorze colloques internationaux ; chacun de ceux-ci a connu une réussite éclatante. Aussi, convenait-il que fut réunie, en une publication spéciale, la série des communications présentées à ces journées. Elles sont groupées en une série extraordinaire de trois volumes du « Bulletin de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux ».

Il m'est un devoir, en cette occasion, d'offrir à tous mes collaborateurs, dont le dévouement à la réalisation de ces manifestations fut admirable, ainsi qu'aux conférenciers et aux participants, mes remerciements sincères pour l'aide apportée à la réussite de ces journées d'étude. Le foyer d'enseignement supérieur et de recherche scientifique qu'est notre vieil Institut agronomique a démontré sa volonté de continuer à prospérer ; il regarde l'avenir avec confiance.

Le Président de la commission des fêtes du centenaire,

Professeur A. Lecrenier
Prorecteur

COLLOQUE SUR LA MISSION DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DES UNIVERSITÉS ET INSTITUTS SUPÉRIEURS DANS LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ORGANISÉ PAR LA FÉDÉRATION DES ASSOCIATIONS DU PERSONNEL SCIENTIFIQUE DES UNIVERSITÉS ET ÉTABLISSEMENTS LÉGALEMENT ASSIMILÉS DE BELGIQUE

Gembloux, 25 juillet 1960

SECRÉTAIRE DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Chef de Travaux Dr V. TONNARD
Institut agronomique, Gembloux

Le rôle du personnel scientifique des Universités dans l'élaboration de la science

par G. Lapiere
Associé de l'Université, Président de la Fédération, Liège (Belgique)

Évoquer le rôle du personnel scientifique dans l'élaboration de la science en présence d'une telle assemblée est assurément une tâche pleine d'embûches. Et pourtant cette participation revêt des aspects tellement divers, si souvent inattendus, qu'il ne nous paraît pas inutile de les rassembler.

Pour éviter toute équivoque, précisons tout d'abord les notions générales que contient l'intitulé de cet exposé.

La science est pour nous la connaissance de notre univers, en laissant à ce dernier mot tout son sens de diversité et d'infini. L'élaboration de la science devient ainsi l'acquisition de la connaissance en y comprenant aussi bien les moyens que le fait lui-même.

L'Université est actuellement un vocable dont le sens s'effrite peu à peu sous les extensions plus ou moins judicieuses qui lui sont imposées. Nous ne nous intéresserons qu'à l'Université telle que la conçoit encore la loi. Elle est un ensemble de Facultés, elles-mêmes plus ou moins divisées, mais son essence est d'approfondir la connaissance dans tous les domaines, de la synthétiser, de la replacer dans un cadre universel et enfin de la transmettre pour servir de base à de nouvelles explorations dans l'inconnu. Si des Écoles, telles que celle dont nous fêtons le Centenaire, répondent pleinement à cette définition, nous sommes forcés d'en exclure les institutions qui négligent certains aspects de cette activité, tels les centres de recherches, où l'intégration à l'activité humaine et la transmission des résultats synthétiques ne sont pas une préoccupation majeure.

Quant au personnel scientifique, nous serions bien en peine d'en donner une définition précise. En disant qu'il seconde le corps enseignant dans tout l'accomplissement de sa tâche, nous aurons tout dit sans cependant être plus intelligible.

Devant l'ignorance que montrent certains textes officiels, voire certains membres de l'Administration, il n'est peut-être pas inutile de rappeler tout d'abord que pour être membre du Personnel scientifique, il faut posséder un diplôme universitaire de docteur, de pharmacien ou d'ingénieur. En cas de « nécessité » un licencié peut être « excep-

tionnellement» admis à occuper les fonctions d'assistant, premier « grade » de la carrière.

Nous trouvons comme autres grades, les bibliothécaires, les chefs de travaux, conservateurs et répétiteurs et enfin les agrégés de faculté.

Il existe des définitions légales de l'activité de chacun de ces grades. Qu'on nous permette d'en évoquer la délicieuse précision :

Les agrégés de faculté « ont pour mission de se consacrer à la re-« cherche scientifique et de se préparer à l'enseignement universitaire.

« Ils peuvent être adjoints (au titulaire d'un cours) en vue de col-« laborer à ses recherches ou à la direction du travail des étudiants.

« Les chefs de travaux sont adjoints aux titulaires des cours en vue de « coopérer à l'organisation, à la surveillance et à l'appréciation des « travaux des étudiants ainsi qu'à l'activité scientifique du service.

« Les assistants sont adjoints aux titulaires des cours pour les aider « dans leur enseignement expérimental et pratique, ainsi que dans les « travaux de laboratoire et de séminaire... ».

« Les bibliothécaires sont chargés d'élaborer les instruments de travail « en vue de faciliter aux chercheurs l'accès aux collections dont la « conservation et le développement sont confiés au bibliothécaire en « chef. Ils participent, en outre, aux activités scientifiques en rapport « avec ces collections».

En fait, il y a évolution continue de la tâche que remplit le personnel scientifique, évolution qui doit normalement l'amener à posséder les qualités requises pour faire partie du corps enseignant, ainsi que le prévoit explicitement la loi.

Tout ceci nous fait prévoir combien le rôle du personnel scientifique dans l'élaboration de la science sera complexe.

Cependant, avant d'aborder le cœur de notre sujet, nous voudrions combattre une idée trop répandue à propos du chef de travaux. Bien des gens confondent nos collègues avec un chef de chantier, l'imaginant occupé à diriger des équipes d'ouvriers. Il en est peut-être bien ainsi si nous assimilons l'étudiant au manœuvre et l'assistant à l'ouvrier qualifié, mais nous pensons que le travail exigé de tous est suffisamment intellectuel pour ne pas justifier cette extension de sens.

Notons que les termes de répétiteurs, de conservateurs et de bibliothécaires ne nous paraissent pas plus heureux ; il en émane un relent de formation scholastique qui est loin de la réalité.

Pour son indispensable participation à l'élaboration de la science, la tâche du personnel scientifique s'oppose à un tel dogmatisme.

Voyons, en premier lieu, comment se présente la participation directe du personnel scientifique, c'est-à-dire comment son travail fait progresser la science.

Comme jeune assistant, un membre du personnel scientifique aura à effectuer de nombreuses expériences sous la direction scientifique d'un chercheur plus expérimenté, membre du corps enseignant ou du personnel scientifique. Peu après, il sera initié à la synthèse des résultats acquis et l'aspect final de son travail sera de plus en plus condensé. L'habitude de la réflexion, a posteriori, l'entraînera progressivement à envisager lui-même les directives que doit prendre l'expérimentateur en vue du but à atteindre et compte tenu des résultats acquis. Il sera alors prêt à entreprendre seul des recherches, imaginant les méthodes d'essais, effectuant les expériences et critiquant les résultats. Cette évolution correspond, ou du moins devrait correspondre, à l'accession au grade de répétiteur ou de chef de travaux.

Dans ces fonctions, une évolution analogue peut être constatée. Les recherches personnelles passent progressivement du caractère marginal et de l'orientation inspirés par le directeur scientifique du département, le « Patron », à des aspects plus fondamentaux et dont la liaison avec le programme général de recherches est plus lâche. Simultanément, le chef de travaux forme sa propre conception de la science, tout au moins de la partie qu'il en étudie. Celle-ci ne peut résulter que d'un effort de synthèse, non seulement de ses expériences propres, mais de tout l'acquis, antérieur ou parallèle, dont il a pu prendre connaissance. A ce stade, notre « témoin » est mûr pour l'accession au titre d'agrégé de faculté, emploi dans lequel il aura la possibilité de parfaire sa formation. Les suppléances de cours qu'il peut être amené à assurer lui permettront d'acquérir la pratique de l'enseignement.

A ce terme, il aura eu l'occasion d'acquérir toutes les qualités que l'on peut exiger d'un membre du corps enseignant.

Si tout au long de son ascension, notre « témoin » a accru sa valeur particulière, pour son plus grand profit, il n'a pas moins apporté une contribution directe et active à l'élaboration de la science. Celle-ci ne se fait ni en un jour, ni par un seul et ce n'est que la juxtaposition d'un nombre souvent formidable de petites observations anodines qui permet à un chercheur de faire un jour la grande découverte.

Une fonction universitaire dont l'importance ne peut nous échapper est celle de bibliothécaire. D'après les statuts, ils sont « chargés d'élaborer les instruments de travail pour les chercheurs ». Considérant l'accroissement incessant et considérable de la littérature spécialisée, on conçoit sans peine qu'ils constituent un maillon indispensable dans la chaîne de la recherche.

Au rôle actif et personnel des cadres que nous venons d'esquisser, s'en ajoutent bien d'autres. L'un des plus importants, à notre avis, est la formation des futurs chercheurs.

La majorité des chercheurs, sur le travail desquels repose l'avance-

ment de la science, est de formation universitaire. Leurs premiers pas dans la recherche ont été faits à l'Université, pendant leurs études, à l'occasion des travaux dirigés qu'ils ont eu à faire en illustration de l'enseignement dit théorique. C'est sous la conduite du personnel scientifique que ces premiers travaux ont été réalisés. De l'intérêt et de la conscience avec lesquels le personnel scientifique assume cette partie de sa tâche dépend, en grande partie, le succès de cette première initiation à la recherche scientifique.

Cependant, ce rôle de formation s'étend bien au-delà de cette première acquisition.

Ses études terminées, l'étudiant peut chercher à parfaire sa formation et s'engager dans un cycle d'études post-universitaires qui lui donnera une formation de chercheur plus poussée. Il sera amené à envisager lui-même les buts et les moyens de la recherche qu'il entreprend.

Ici encore le personnel scientifique du niveau agrégé ou chef de travaux constituera son guide le plus immédiat et le plus accessible. Les contacts qui s'établissent ainsi permettent à l'apprenti chercheur d'acquérir une formation scientifique comprise dans le sens que nous avons donné à l'Université.

Enfin, au sein du personnel scientifique lui-même, la formation des nouveaux venus est assurée dans la plus large mesure par les aînés, en un processus entièrement analogue à celui qui accompagne les cycles d'études post-universitaires.

A côté de sa participation directe à la recherche, le personnel scientifique en assure, dans une très large mesure, la poursuite et l'expansion tant à l'Université qu'au dehors en concourant pour une large part à la formation, en nombre toujours plus important, des chercheurs indispensables au progrès de la science.

Mais le rôle du personnel scientifique dans l'élaboration de la science ne s'arrête pas à ce second aspect extrêmement important.

En déchargeant le corps enseignant de certaines tâches banales, il apporte un concours peu remarqué, mais très efficace, à la progression de la science.

L'accroissement du nombre des disciplines enseignées dans les Universités, l'extension des différents services, l'augmentation constante du nombre d'étudiants ont entraîné le développement de l'administration avec son corollaire de règlements, d'interdits et d'injonctions. Il en résulte un volume croissant de formulaires, questionnaires, rapports et de comptes rendus à établir.

Bien qu'un effort soit fait actuellement pour pourvoir le corps enseignant en personnel administratif, une part importante de ce travail ne peut cependant être réalisée que par des personnes suffisamment au courant de l'activité scientifique du service.

Le personnel scientifique est fréquemment chargé de cette besogne, en déchargeant ainsi le chef de service qui peut mieux se consacrer à la direction des recherches et à son enseignement.

Nous ne voudrions pas assurer que ce travail est effectivement du ressort du personnel scientifique, mais en l'effectuant il assure un fonctionnement régulier à l'Université et permet au corps enseignant de disposer d'un temps précieux pour la recherche. Ce rôle est certes très effacé et peut être au dessous de la condition du personnel scientifique, mais nous sommes convaincu qu'en le négligeant on ralentirait sensiblement la mise en œuvre des moyens de la recherche scientifique.

Dans le cadre de l'enseignement, le personnel scientifique est encore fréquemment amené à alléger sensiblement la tâche du corps enseignant.

Nous avons déjà signalé l'intervention du personnel scientifique dans les travaux dirigés. Dans la correction de ces travaux, dans la préparation des documents nécessaires au cours, voire en assurant occasionnellement la suppléance du cours, le personnel scientifique décharge le corps enseignant de nombreuses besognes matérielles sans grande portée scientifique. Libérés de ces soucis, les Professeurs peuvent mieux se consacrer à la recherche.

Avant de terminer cette revue des nombreuses façons dont le personnel scientifique participe à l'élaboration de la science, il est nécessaire d'envisager l'aide qu'il apporte encore aux chefs de service en se substituant à eux pour assumer la direction de leurs recherches propres à partir d'indications parfois fort minces et en assurant la continuité de cette direction, alors même que les Professeurs sont appelés à l'étranger par les congrès, séminaires et autres moyens d'échanges intellectuels fort en honneur aujourd'hui.

Nous pensons qu'en prenant à leurs charges tous ces travaux, les membres du personnel scientifique collaborent efficacement à l'élaboration de la science en permettant à d'autres de s'y consacrer de façon plus suivie et dans un état d'esprit plus serein.

Nous n'avons certes pas épuisé toutes les activités du personnel scientifique. On peut encore citer, pêle-mêle, les recherches bibliographiques et documentaires, les rapports avec les fournisseurs, l'entretien et le renouvellement du matériel tant didactique qu'expérimental, etc...

Nous pensons qu'il serait superflu d'insister davantage sur la part importante que prend le personnel scientifique à l'élaboration de la science.

Il n'est peut-être pas sans intérêt de voir dans quelle mesure le personnel scientifique peut remplir efficacement les multiples tâches qui l'assaillent.

Dans l'état de choses actuel, le personnel scientifique est dans l'impossibilité de remplir entièrement sa mission. La Commission Nationale des Sciences l'a largement montré.

Tout d'abord le personnel scientifique est numériquement insuffisant pour assumer pleinement son rôle dans l'élaboration de la science.

Les cadres actuellement prévus sont à peine suffisants pour assurer sa participation à la formation des étudiants.

Dans bien des cas, il est même impossible de se préoccuper de chaque étudiant en particulier. Il en résulte que les travaux dirigés prennent un aspect magistral particulièrement en opposition avec leur esprit même.

Ceux qui ne sont pas entièrement absorbés par les tâches d'enseignements, doivent consacrer une partie parfois importante de leur temps aux travaux administratifs que nous avons signalés ci-dessus. Enfin la direction et la formation des nouveaux assistants absorbent encore une part du temps restant. Tant et si bien que le personnel scientifique en est amené à consacrer ses loisirs à la poursuite de son propre travail de recherche.

On nous fera certainement deux objections majeures :

— La première est que dans l'enseignement il y a trois mois de congé, sans compter l'exception rare qui, n'ayant aucune charge d'enseignement ni d'administration, peut se dispenser de paraître à l'Université.

Nous ne croyons pas nécessaire de rencontrer cette objection. Tout qui a fréquenté un service universitaire où travaille du personnel scientifique de carrière et ce qualificatif a son importance, sait combien la poursuite des recherches est indépendante du calendrier académique.

— La seconde objection est que la situation que nous décrivons est transitoire et qu'un vaste programme va être mis en œuvre pour remédier à cette situation.

Monsieur le Professeur Massart doit nous succéder à cette tribune précisément pour nous entretenir de ces projets. Nous ne pouvons cependant nous appuyer que sur ce qui a été dit ou publié précédemment. Aussi, écouterons-nous l'exposé qu'il va nous faire avec le plus grand intérêt. Nous souhaitons qu'il ranime chez nos camarades un espoir en des jours meilleurs que nous voyons s'amenuiser de jour en jour.

Installée il y a 3 ans, ayant terminé ses travaux il y a un an et demi, la Commission Nationale des Sciences n'a pratiquement pas encore vu mettre en œuvre les recommandations qu'elle a déposées.

Le fonds des constructions scolaires a bien permis la mise en chantier de constructions nouvelles et grâce à la haute conjoncture (de 1956-57) le nombre d'assistants a été accru assez substantiellement.

Nous nous excusons de refroidir aussitôt l'enthousiasme que pour-

rait faire naître l'apparition de ces nouveaux emplois dans le cadre du personnel scientifique.

Si étrange que cela puisse paraître, il en résulte actuellement un accroissement de charges pour le personnel scientifique de carrière. Cet afflux de jeunes dans un cadre trop étriqué impose à chacun, en plus de ses tâches habituelles, la formation accélérée du nouveau venu.

Et l'exemple des dernières années ne nous garantit nullement que cette formation n'est pas donnée en pure perte. Après deux ans, voire un an, le nouvel assistant quitte l'Université. Dans d'autres circonstances, il s'agit de ces « exceptions », les licenciés, qui acceptent un poste d'assistant, leur intention étant de conquérir le titre de docteur pendant leur mandat. Un raccourci saisissant de la charge actuelle du personnel scientifique sera donné en indiquant qu'un nombre de plus en plus grand de ces licenciés ne parviennent plus à rassembler le bagage nécessaire à l'obtention du diplôme de docteur endéans les six années que comporte au maximum la carrière toute précaire d'assistant. Par contre, un élève ordinaire peut raisonnablement obtenir ce même diplôme en deux ans.

Nous nous dispenserons de conclure.

Bien entendu cet état de chose est provisoire et dû au changement brusquement intervenu. Nous voudrions y croire, tout comme nous voudrions croire que l'accroissement du cadre du personnel scientifique va tout remettre en ordre.

Si nous nous en tenons aux chiffres publiés, d'une part concernant l'accroissement attendu de la population estudiantine des universités, d'autre part aux prévisions d'extension des cadres repris dans le rapport de la Commission Nationale des Sciences, force est bien de constater que l'on ne sera pas très loin de maintenir le statu quo. Les augmentations de cadres prévues permettront tout au plus de diminuer légèrement le retard qu'a pris, par rapport à la population estudiantine, l'importance numérique du personnel scientifique.

Pourtant, l'évolution du monde est telle que, sans augmentation du nombre des étudiants, il faudrait néanmoins accroître le nombre de membres du personnel scientifique. Ne voit-on pas chaque jour s'accroître la proportion des cadres dans tous les secteurs de l'activité humaine. Cette nécessité est bien illustrée par les quelques échos que nous avons pu avoir des réformes de l'enseignement supérieur telles qu'elles sont mises en œuvre à l'étranger. Nous croyons savoir que des projets analogues sont à l'étude dans notre pays. S'il en était ainsi, un contingent annuel de diplômés universitaires serait probablement à peine suffisant pour couvrir les nécessités.

Nous ne nous arrêterons cependant pas à ce premier écueil et nous

admettrons que l'effectif s'est accru dans les proportions nécessaires. Le personnel scientifique disposera donc à ce moment du temps nécessaire à la recherche. Mais dans quel laboratoire ? dans quel bureau trouvera-t-il refuge ? où trouvera-t-il l'aide technique nécessaire et les installations indispensables à ses recherches ?

Un programme de constructions a été envisagé. Nous croyons bien que le plus clair de son effet sera de réduire le retard considérable qu'ont pris les locaux universitaires. Si l'on veut bien considérer que des bâtiments conçus il y a 25 ans et considérés par leurs auteurs presque comme une grandiose folie, sont actuellement à la limite de la surcharge ; si l'on veut bien se souvenir également de la célérité gouvernementale en matière de dépense utile, il y a fort à parier que nos futurs collègues en seront réduits à tirer à la courte paille le local ou l'appareil disponible.

Admettons cependant tous ces problèmes résolus et voyons dans quelle mesure l'augmentation de l'effectif du personnel scientifique assurera sa pleine collaboration à la recherche.

La masse innombrable des assistants devra être dirigée, guidée, conseillée, ce qui va imposer un travail considérable tant au personnel scientifique déjà en place qu'au corps enseignant.

Après quelques années, le nombre des chefs de travaux et des agrégés se développera vraisemblablement et tout rentrera progressivement dans l'ordre.

Il est à noter cependant que ceux qui auront vécu la période de transition dans les grades supérieurs du personnel scientifique risquent fort de s'y voir définitivement bloqués. Les nouveaux venus ayant pu mieux qu'eux développer leur travail scientifique propre se présenteront, le moment venu, avec un acquis visible plus important. Nous ne croyons pas que la supervision de ces travaux autorise les aînés à en revendiquer systématiquement la paternité. De telles pratiques existent peut-être mais nous ne pouvons y souscrire.

Ainsi ceux qui auront servi la science et l'Université, précisément au moment où l'on attend le plus d'eux, sont amenés à préparer leur futur échec.

Encore, nous en sommes nous tenu dans cet exposé au seul problème du personnel scientifique dans le cadre de l'Université. Le dernier point évoqué nous amène, cependant, à dire un mot de la menace que fait peser sur l'avenir du personnel scientifique, le développement de centres de recherches largement alimentés en crédits, en hommes et en matériel et, de plus, entièrement débarrassés du souci de l'enseignement. Ultérieurement et pour autant que soient résolues toutes les difficultés signalées plus haut, le personnel scientifique des Universités pourra se défendre avec succès, mais dans la situation pré-

sente, il est loin d'en être de même et l'avenir de leur carrière préoc - cupe largement la plupart de nos collègues.

Dans un cadre plus large il sera de toute manière nécessaire d'assurer au personnel scientifique un débouché autre que le professorat ; c'est du moins la solution à laquelle s'est ralliée la Commission Nationale des Sciences.

Quand nous avons écrit ces lignes, un projet de loi venait d'être déposé devant la Chambre par le Gouvernement visant à la création de Professeurs et chargés de cours associés, et qui a été voté entretemps.

Le souci majeur de ce projet est de permettre au personnel scientifique d'accéder à une situation comportant des responsabilités de chef et consacrant son indépendance scientifique tout en évitant l'écueil de la dispersion de l'enseignement. Nous nous abstiendrons de tout jugement sur ce projet ; il peut apporter le meilleur ou le pire suivant l'usage qui en sera fait.

Nous avons vu le rôle du personnel scientifique dans l'élaboration de la science. Nous avons signalé pourquoi ce rôle ne peut être rempli actuellement et nous venons d'envisager les possibilités d'avenir en supposant résolus de nombreux problèmes et en admettant que le cadre du personnel scientifique ait été accru.

Cela posé, on peut espérer que dans quelques années le problème de la participation efficace du personnel scientifique à l'élaboration de la science serait résolu et que serait du même coup assurée la formation de chercheurs qualifiés de plus en plus nombreux, et enfin restauré le renom scientifique du pays.

Nous disons bien serait, car tout l'édifice repose sur deux petites conditions considérées comme automatiquement remplies. Comme elles sont exclusivement du domaine du personnel scientifique, on nous excusera de les exposer ici, espérant du même coup attirer l'attention sur la précarité de tous les plans d'avenir concernant notre enseignement supérieur tout entier.

La première de ces conditions est qu'il y aura du personnel scientifique de carrière, c'est-à-dire autre qu'assistants, à qui l'on pourra demander l'énorme effort de cette rénovation.

La seconde suppose qu'il y aura, en quantité suffisante, des jeunes éléments qui accepteront d'entrer dans la carrière scientifique.

Et c'est ici que notre optique ne rencontre absolument plus l'optimisme gouvernemental.

Devant la concurrence extérieure on voit de plus en plus fréquemment des membres du personnel scientifique quitter l'Université pour entrer dans le secteur privé, dans les parastataux, dans des organisations internationales, voire dans des centres de recherches.

Le transfuge y trouve, en effet, une rémunération qui oscille entre

150 et 200 % de son traitement à l'instant où il quitte l'Université. Qu'on nous permette quelques chiffres. Les organismes internationaux engagent de jeunes éléments ayant moins de 4 ans de pratique de la recherche à des traitements supérieurs à celui proposé par la Commission Nationale des Sciences pour le chargé de cours associé. Il en est de même dans l'industrie pour certains cas favorables ; de toute manière, il est rare que le taux d'engagement d'un jeune élément y soit inférieur au traitement proposé pour le chef de travaux.

S'il n'est pas attiré par les rémunérations, il trouvera en dehors de l'Université de plus larges facilités de recherches qui éventuellement lui permettraient de rentrer triomphalement au sein de l'Université lorsqu'une promotion sera possible.

Le cas du débutant n'est pas plus favorable. La précarité de la carrière, qui n'est stabilisée définitivement qu'après 8 ans (6 ans d'assistant et 1 mandat de chef de travaux) et les possibilités d'avenir réduites actuellement offertes font hésiter à juste titre bien des candidats.

Si l'on veut bien considérer qu'il faut au moins 25 ans de carrière dans le personnel scientifique pour atteindre un traitement double du traitement de départ, on comprendra que l'attrait financier est aussi très minime.

On nous objectera certainement que tous les cadres sont pourvus à tous les échelons. Mais qui dira comment ?

La situation est essentiellement variable d'après les facultés, mais elle est tout aussi peu brillante sous quelque aspect qu'elle se présente.

C'est certainement la Faculté de Philosophie et Lettres qui est la mieux lotie à ce sujet. L'égalité de traitement avec l'enseignement moyen réduit considérablement la concurrence, encore que celle-ci se manifeste sporadiquement du côté de l'enseignement libre.

A la Faculté de Droit, le problème est plus complexe et les situations sont essentiellement variables ; il s'agit d'un ensemble de cas d'espèce.

A la Faculté des Sciences, le problème se précise. La majorité des assistants sont seulement licenciés, c'est-à-dire en principe le cas d'exception. Dès que ces assistants parviennent à terminer leur thèse de doctorat, ils s'empressent généralement de quitter l'Université.

A la Faculté de Médecine, il y a pléthore d'assistants : ceux-ci viennent même et surtout, à titre volontaire, acquérir la pratique, voire une clientèle ou une spécialité. Une fois l'objectif atteint, le retour total à la vie privée leur permet de monnayer leur volontariat. Les assistants réguliers n'échappent pas à cette évolution ; ils finissent généralement par ouvrir un cabinet de spécialiste.

A la Faculté des Sciences Appliquées, les jeunes assistants sont, en fait, recrutés pour un an parmi les élèves disposant encore d'un sursis

militaire. L'année écoulée, ils entrent au « Service de la Nation » et l'Université les perd définitivement.

La situation des bibliothécaires n'est certainement pas plus brillante. En entrant dans le cadre, après une sélection sévère, le bibliothécaire bibliographe n'a plus aucune perspective d'avancement. Il est vrai qu'il existe le grade de bibliothécaire en chef, mais on n'oubliera pas qu'il n'existe qu'un bibliothécaire en chef par Université. Aussi croyons-nous qu'il est indispensable de créer le grade de premier bibliothécaire ou de permettre aux bibliothécaires l'accession au grade de conservateur, car la poursuite de la carrière est une condition importante pour la bonne marche de la bibliothèque universitaire, où la tradition joue un grand rôle.

Nous pensons que ce tour d'horizon aura définitivement fait comprendre l'important travail de formation chaque année à reprendre que doit assurer le personnel scientifique de carrière. On peut s'étonner que ce dernier compte encore un si grand nombre de personnes et que les places soient toujours occupées. Nous ne voyons qu'une seule raison à ce succès : l'existence d'enthousiastes de la recherche en nombre à peu près égal au nombre de places disponibles.

Si une telle situation est actuellement viable, elle ne pourra subsister lorsque la poussée démographique aura entraîné bon gré mal gré l'accroissement du cadre.

S'il arrive à certains d'entrer à l'Université venant de secteurs que nous considérons comme concurrents, il s'agit dans la plupart des cas de situations très particulières où la question financière ne joue pas et où la passion de la recherche l'emporte de loin. Le plus souvent, il s'agit d'éléments passionnés par une recherche déterminée qu'ils ne pourraient poursuivre au dehors de l'Université. Ce sont certainement les recrues les plus valables que puisse faire l'Université, mais il serait hasardeux de baser une politique coûteuse et de longue haleine sur des cas aussi exceptionnels.

Peut-être trouvera-t-on que la situation que nous présentons est exagérée et que le problème est moins urgent qu'il n'y paraît. Nous pouvons affirmer que nous nous sommes limité à des situations bien connues et suffisamment générales pour être susceptibles d'intéresser notre auditoire. Sans déborder du rôle du personnel scientifique dans l'élaboration de la recherche, il y aurait un roman à écrire avec les multiples situations existantes, avec les propositions, les suggestions, les découragements, voire les révoltes ou les humiliations dont nous avons connaissance. Mais nous considérons que cela fait partie du lot commun et que chacun de nous, quelle que soit son activité, est amené à les connaître.

Nous voudrions cependant relever certains signes encourageants qui nous aident à espérer encore.

C'est tout d'abord l'indissolubilité de l'enseignement et de la recherche hautement proclamée par la Commission Nationale des Sciences. Pour apprécier cette indispensable réunion des deux activités, il suffit peut-être de se représenter un enseignement qui ne serait pas lié à la recherche : il deviendrait rapidement un dogme sclérosé, une propagande stérile, un bourrage de crâne insupportable.

Pour éviter que l'élément scholastique dans son sens péjoratif ne se développe dans nos Universités encore davantage, évitons à tout prix de séparer les tâches d'enseignement de celles de la recherche et cela à tous les échelons : de l'étudiant en passant par l'assistant et jusqu'au professeur. Et au-delà de l'Université, d'autre part, pour rendre l'enseignement efficace et vivant, il faudrait que tous ceux qui planifient ou dirigent l'enseignement et la vie scientifique de notre pays jusqu'aux plus haut placés soient des authentiques chercheurs. Ce n'est qu'à ce prix que l'enseignement restera vivant, c'est-à-dire utile au développement de la Société.

Nous ne croyons pas inutile de rappeler avec vigueur la nécessité de cette dépendance.

Devant le nombre grandissant de centres de recherches et la faveur dont ils paraissent jouir, on est en droit de craindre un retour de la séparation des tâches. Ce serait une erreur de croire que l'enseignement seul risque de pâtir de ce divorce. Mais la répercussion ne s'en fera sentir que 30 ou 40 ans après.

La situation actuelle, si l'on veut bien y prendre garde, est le résultat d'une indifférence générale datant de plus de 50 ans. Et cependant les avertissements les plus illustres n'ont pas fait défaut. Faut-il rappeler les paroles prononcées par le Roi Albert déjà : « Le sort des Nations qui négligent la science et le savant est marqué pour la décadence ».

Il est incontestable que l'ampleur des moyens exigés par certaines branches de la science conduit à la création de centres spécialisés. Nous croyons même que le nombre de centres de cette nature est encore trop réduit. Par contre, il est totalement incompréhensible que ces centres qui, dans la majorité des cas, sont sortis de l'Université au cadre trop étroit, par le dynamisme de membres du corps enseignant, ne soient pas partie intégrante de la vie universitaire et relèguent parfois au dernier rang le souci de l'enseignement.

Nous avons parfois l'impression que, sous le couvert de centres de recherches, se créent en dehors de l'Université des copies de laboratoires déjà existants, laboratoires dont l'implantation à proximité immédiate du centre n'est nullement requise et qui, à l'occasion, attendent pour entrer en activité qu'un assistant de la spécialité quitte l'Université.

Nous espérons beaucoup dans l'action du Conseil National de la Politique Scientifique pour rendre aux centres de recherches et à l'Université leur véritable vocation.

Un autre signe encourageant est la création des professeurs et chargés de cours associés. Il s'agit d'un premier pas et, s'il n'est pas vrai dans le cas présent que ce soit le seul coûteux, il montre cependant que l'inertie de la machine gouvernementale a été vaincue. Puisse-t-elle être maintenue en mouvement.

Enfin, une situation à tout prendre analogue à celle du personnel scientifique, vient d'être sérieusement prise en considération par les autorités. Nous voulons parler du cas des ingénieurs de l'Administration. Bien entendu la situation y était devenue dramatique au point que les rouages de l'État s'en trouvaient désaxés ; l'asphyxie était proche.

Il est peut-être utile de rappeler que le nombre d'ingénieurs membres du personnel scientifique est relativement important et que la recherche, pour sa part, en absorbe un grand nombre. Dans les facultés techniques, on approche de la même situation que l'Administration et pour les mêmes raisons.

Qui pourra, qui osera un jour dire ce qu'a coûté et ce que coûte encore à chacun d'entre nous la politique des économies immédiates et la hantise des inégalités dites sociales ?

Dans cet exposé nous nous somme efforcés de faire le point de la situation au sein du personnel scientifique.

Nous croyons avoir montré comment le personnel scientifique conçoit son rôle dans l'élaboration de la science.

Nous avons exposé quelques-unes des causes qui le mettent dans l'impossibilité de remplir entièrement sa mission.

Nous avons noté quelques écueils dont nous sommes persuadé que les promoteurs de la politique scientifique du pays ont conscience. Nous voudrions que ce point de vue soit aussi partagé par le Parlement et le Gouvernement.

Enfin nous avons retenu quelques lueurs d'espoir pour un futur qui ne devrait pas être très éloigné.

Avant de conclure, nous voudrions émettre un vœu. En échange de la part importante que prend le personnel scientifique à l'élaboration de la science et à la formation de ceux qui assureront demain la prospérité du pays et de chacun de ses habitants, ne pourrions-nous espérer voir s'atténuer l'ignorance sociale à peu près complète dans laquelle est tenu le personnel scientifique ?

Pour que le personnel scientifique puisse remplir entièrement sa mis-

sion telle qu'il la conçoit, il est indispensable que soient rapidement assurés :

— un cadre suffisant à tous les échelons
— une carrière honorable s'étendant au-delà des 10 ou 15 premières années de service
— une rémunération suffisante pour rendre un minimum d'attrait à la carrière.

Des solutions quasi immédiates existent à ces problèmes.

Les centres de recherches sont à même de fournir rapidement un nombre important de membres du personnel scientifique capables d'assurer l'enseignement ; il suffirait de repenser le fonctionnement des Universités et de faire rentrer les centres en leur sein.

La création des professeurs et chargés de cours associés est un essai de solution à la seconde condition. On peut y ajouter la création de « doyen scientifique » ou encore « chef de département » permettant de renforcer l'unité de conception indispensable à l'enseignement et éventuellement même à la recherche.

Enfin le problème des rémunérations est certainement le plus aisément soluble. Depuis 1957, de nouveaux barèmes, depuis lors déjà dépassés par l'évolution du problème, ont été proposés, discutés et admis en commission de consultation syndicale. Il est proprement inconcevable qu'ils ne soient pas d'application depuis mai 1957, date retenue pour la rétroactivité.

Aussi longtemps que des mesures efficaces ne seront pas prises pour résoudre ces problèmes, quel est le membre du personnel scientifique qui oserait, sans rougir, affirmer à un candidat qui s'informe : la recherche scientifique, dans le cadre de l'Université, est une carrière digne et exaltante.

Résumé.

Le rôle du personnel scientifique des Universités dans l'élaboration de la Science revêt de multiples aspects : participation passive ou active à la recherche scientifique proprement dite : formation des chercheurs — allègement de la tâche didactique et administrative des Professeurs — direction technique de groupes de recherches ou de laboratoire, etc..

La multiplicité des tâches à assurer est telle qu'elles ne peuvent être efficacement remplies par le personnel scientifique dans l'état de choses actuel.

L'accroissement du nombre de membres du personnel scientifique est insuffisant, à lui seul, pour permettre à ceux-ci d'aider le plus efficacement le progrès scientifique du pays.

Le personnel scientifique des Universités ne peut cependant être éloigné d'aucune de ces activités. La recherche et l'enseignement supérieur ne peuvent être dissociés sous peine de stériliser l'un ou l'autre.

Malheureusement aujourd'hui, le personnel scientifique ne peut assurer suffisamment sa participation active à l'élaboration de la Science et ses chances de poursuite d'une carrière honorable en sont souvent compromises.

Le personnel scientifique des Universités entend cependant rester un des moteurs de la science.

Pour y parvenir, il est nécessaire de repenser de nombreux aspects des rapports respectifs de la science, de l'Université et du personnel scientifique. Il faut encore se préoccuper des réactions lointaines que peuvent engendrer les mesures actuellement à l'étude ou en cours de réalisation, en tenant compte de l'élément humain auxquelles elles s'appliquent.

The part played by the scientific staff of universities in the making of science

SUMMARY.

The participation of the scientific staff of universities in the progress of science assumes various aspects : passive or active partaking of properly called scientific research — training of research workers — assistance in the teaching and administrative task of the professors — technical direction of research or laboratory groups, etc.

The tasks to be fulfilled are so numerous that they could not possibly be satisfactorily performed by the scientific staff in the present state of the matter.

Increasing the number of the members of the scientific staff would not suffice to allow them to help most efficiently in the scientific advancement of the country.

Yet, the scientific staff of universities cannot be put off any of those activities. Research and teaching cannot be dissociated on pain of sterilizing the one or the other.

Unfortunately, nowadays, the members of the scientific staff cannot sufficiently make sure of their active participation in the development of science, and consequently their possibilities to secure a decent carreer are often endangered.

However, the scientific staff of universities means to remain a motive power of science.

In view of this, it is necessary to reconsider the many aspects of the intercourse between science, university, and scientific staff, and to bear in mind the far off reactions which may arise from the measures under consideration or in course of application, taking into account the human element to which they apply.

Die Rolle des wissenschaftlichen Universitätspersonals in der Ausarbeitung des Wissenschaft

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Rolle des wissenschaftlichen Universitätspersonals in der Ausarbeitung der Wissenschaft ist sehr vielseitig : passive oder aktive Anteilnahme

an der eigentlichen wissenschaftlichen Forschung, Ausbildung der Forscher, Entlastung der didaktischen und verwaltungstechnischen Arbeit der Professoren, technische Leitung von Forschungsgruppen oder Laboratorien, usw.

Die Vielfältigkeit der auszuführenden Aufgaben ist zo gross, dass diese in der augenblicklichen Lage durch das wissenschaftliche Personal nicht wirksam erfüllt werden können.

Eine Vergrösserung der Anzahl der Mitglieder des wissenschaftlichen Personals allein ist ungenügend, um diesen zu ermöglichen, auf das wirksamste am wissenschaftlichen Fortschritt des Landes mitzuhelfen.

Das wissenschaftliche Universitätspersonal kann jedoch unter keinen Umständen von diesen Tätigkeiten entfernt werden. Die Forschung und der höhere Unterrricht können nicht von einander geschieden werden, ansonsten man eine Sterilisation des einen oder des anderen befürchten muss.

Leider kann heute das wissenschaftliche Personal nur ungenügend seine aktive Teilnahme an der Ausarbeitung der Wissenschaft ausfüllen, und die Aussicht auf eine ehrenvolle Lebensbahn ist häufig blossgestellt.

Das wissenschaftliche Universitätspersonal hat jedoch den Willen, ein Glied der Förderer der Wissenschaft zu bleiben.

Um dieses zu erreichen, müssen zahlreiche Gesichtspunkte der Wissenschaft, der Universität und des wissenschaftlichen Personals überdacht werden. Man muss sich auch mit den in der Ferne liegenden Wirkungen befassen, die augenblickliche Massnahmen, die noch im Studium sind oder schon verwirklicht sind, bewirken können, indem man auch mit dem menschlichen Element rechnen muss, auf welches sich diese beziehen.

Grandes lignes d'une politique scientifique de la Nation

par Prof. L. Massart
Président du Conseil National de la Politique Scientifique, Bruxelles

L'expansion économique et le progrès social qui en découle sont à la base des préoccupations de toutes les nations. En ce qui concerne notre pays diverses mesures tendent vers la réalisation d'une telle expansion. Nous pensons plus particulièrement à la participation au grand marché de la Communauté Économique Européenne, à la mise en œuvre d'un vaste programme de productivité par la création de l'Office Belge pour l'Accroissement de la Productivité, aux nouvelles lois augmentant les subventions aux Universités visant un nouvel effort dans le domaine de la formation de spécialistes universitaires, à la création d'un Bureau de Programmation Économique et d'un Conseil National de la Politique Scientifique.

Nous disons bien Conseil National de la *Politique* Scientifique, parce que chaque jour je me rends compte de la confusion qui continue à exister dans les esprits en ce qui concerne la distinction entre recherche et politique scientifique. Depuis 1927 nous avons en Belgique le Fonds National de la Recherche Scientifique, depuis 1959 le Conseil National de la Politique Scientifique. La création du Conseil National trente ans après celle du Fonds National ne signifie nullement que ce dernier n'ait pas bien rempli sa tâche. Nous savons tous d'ailleurs qu'il a puissamment contribué au développement de la recherche scientifique. La création du Conseil National répond donc à un besoin nouveau. Les autorités ont par là voulu reconnaître qu'il est désormais impossible de réaliser une politique générale de progrès sans définir une action concertée en faveur de la recherche scientifique, que l'on ne peut s'imaginer une expansion économique, ni de nouvelles possibilités de rehausser le niveau de la vie, ni de progrès pédagogiques ou culturels, ni une aide appropriée aux pays jeunes sans une programmation de l'effort scientifique dans tous les secteurs.

Par programmation nous entendons une action concertée, étalée dans le temps et s'adaptant à des besoins toujours changeants. Nous ne pensons à aucune forme de dirigisme portant atteinte à la liberté du chercheur ou au libre choix du programme de recherche. Programmation signifie purement et simplement travailler suivant un programme étudié et bien défini. Le chercheur fait de la programma-

tion lorsqu'il choisit une voie déterminée pour atteindre son but ou lorsqu'il s'écarte librement d'une autre, estimant ainsi que la première est la meilleure, la mieux adaptée pour arriver à ses fins. Le Fonds National de la Recherche Scientifique a fait une programmation en se concentrant en premier lieu sur la formation de chercheurs qualifiés et quelle n'est pas notre gratitude immense vis-à-vis de cette fondation d'avoir suivi un tel programme. Les universités font du planning par exemple en matière de construction lorsqu'elles décident de construire des auditoires pour les candidatures avant d'entamer des laboratoires pour les licences. La programmation se rencontre donc à tous les niveaux ; elle prend d'autres voies, d'autres formes suivant le niveau, mais elle est toujours l'expression de la volonté de poursuivre un certain résultat d'après un plan, d'après des méthodes estimées être les plus appropriées. Le Conseil National de la Politique Scientifique a son programme propre à son niveau. Il doit préparer l'avenir en se basant sur une étude de la situation actuelle. Il doit faire un choix, en calculant les risques, des méthodes appropriées à promouvoir la recherche scientifique dans un but d'expansion économique et de progrès social.

Dans notre pays la politique scientifique est de l'attribution du Comité Ministériel de la Politique Scientifique, présidé par le Premier Ministre et comprenant les ministres des départements ayant une activité dans le domaine de la recherche scientifique. Le Conseil National est un comité consultatif du Comité Ministériel.

Nous pouvons définir la politique scientifique comme une action du pouvoir en vue d'assurer l'épanouissement maximum des activités de recherche scientifique et l'utilisation de la science et de ses applications pour favoriser le progrès économique, social et général de la nation. Elle inclut, non seulement l'action directe du pouvoir, mais aussi la stimulation et la coordination des activités libres, volontaires, du secteur privé tendant à la même fin. Elle tend par priorité à développer la fonction de recherche scientifique et la préparation des hommes à des tâches de recherche.

Si essentiellement la recherche scientifique est caractérisée par son unité, il est utile au point de vue de la politique scientifique de faire une distinction entre la recherche libre ou désintéressée et la recherche orientée vers les applications.

En ce qui concerne la recherche désintéressée la politique scientifique tendra à la création de conditions optimum compte tenu de nos possibilités. J'entends par là qu'il faudra déterminer les secteurs où la recherche doit être particulièrement stimulée et encouragée, soit qu'elle est insuffisamment développée, soit au contraire que ses succès méritent un encouragement spécial. Dans cet ordre d'idées, la stimulation de

la coopération inter-institutions pour des recherches d'une ampleur dépassant le niveau de capacité d'une seule institution, pourra être très fertile.

En ce qui concerne l'action à l'égard de la recherche orientée et plus spécialement de la recherche appliquée, veillons à établir un lien, une liaison entre le développement de cette recherche et la croissance économique. La recherche en effet est un investissement de premier ordre et si l'on peut dire que la grosse industrie est convaincue de cette idée, il reste à persuader les milieux de l'industrie moyenne et petite et à les encourager à faire un effort coopératif de recherche.

Pour établir un lien valable entre le développement de la recherche et la croissance économique, une coopération entre le Conseil de la Politique Scientifique et le Bureau de Programmation Économique est une nécessité. De ce chef, il est indispensable que le gouvernement détermine avec netteté ses objectifs économiques et qu'il établisse le montant des ressources qu'il désire affecter à la recherche orientée. D'un autre côté, on peut demander aux chefs d'entreprises quels sont leurs objectifs économiques à moyen terme, quelles sont les réorientations et les reconversions qui s'imposent dans leur secteur.

Disposant de cet ensemble de données de la part du gouvernement et de la part des chefs d'entreprises, une coopération entre l'État et l'industrie établira les moyens nécessaires à mettre en action pour la recherche.

La politique scientifique devra étudier la répartition des moyens disponibles pour la recherche en général en fonction des objectifs. Si son occupation première sera celle de la formation des hommes, elle devra également étudier la répartition judicieuse des moyens entre les objectifs de recherche désintéressée et les objectifs de recherche orientée et même aller plus loin en évaluant les moyens mis à la disposition dans différents secteurs de la recherche.

Ainsi on peut constater d'une façon générale que le Fonds National de la Recherche Scientifique et les Centres Nationaux ou Interuniversitaires dépendant du Ministère de l'Instruction Publique ont fait un effort tout aussi grand, si pas plus grand, pour les sciences humaines que pour les sciences naturelles et exactes. Alors qu'on pense généralement que les sciences humaines ont été sacrifiées dans notre pays, il est facile de fournir la preuve du contraire.

La nécessité de pousser sans cesse le facteur humain vers une qualification toujours plus élevée est une idée favorablement accueillie dans notre pays et a par exemple toujours été une des actions majeures du Fonds National de la Recherche Scientifique. C'est d'ailleurs une action logique puisqu'elle correspond à un objectif de promotion individuelle et sociale évident, mais elle s'impose en Belgique peut-être plus

qu'ailleurs parce que le travail humain est notre ressource économique essentielle. Une augmentation considérable d'universitaires et de chercheurs qualifiés pose toutefois un autre problème notamment celui du marché de l'emploi. Mais voyons d'abord comment se présente l'évolution générale des qualifications supérieures de notre population universitaire. Toutes les prévisions indiquent une croissance considérable dans les années à venir, mais si ces prévisions sont concurrentes, elles dénotent aussi un manque de coordination. Toutefois l'accroissement est certain et de plus on peut admettre qu'il est irréversible. Cela étant admis, deux nouveaux problèmes se posent à savoir celui de l'adaptation de l'appareil universitaire et celui de l'adaptation des méthodes d'enseignement et de formation, deux domaines dans lesquels il est dangereux d'improviser.

Il est certain que nos universités ne sont actuellement pas prêtes à recevoir le nombre d'étudiants prévus ni au point de vue locaux, ni au point de vue du nombre des membres du personnel enseignant et scientifique. Heureusement les lois qui viennent d'être vôtées par les Chambres législatives apportent des moyens plus amples aux Universités. D'un côté nous constatons avec satisfaction que les moyens en vue des constructions universitaires sont doublés pour les Universités d'État et en même temps il leur est accordé une plus grande autonomie en ce sens qu'elles deviennent maîtres de l'ouvrage et qu'elles puissent agir avec plus de souplesse et éviter toute lenteur administrative. D'un autre côté il est assuré aux Universités d'État une beaucoup plus grande souplesse en ce qui concerne les différents articles de leur budget. Il est en effet admis que les sommes non utilisées dans le courant de l'année budgétaires resteront disponibles parce que reportées au budget pour ordre de l'année suivante. Il y a même beaucoup plus parce qu'en ce qui concerne le cadre de leur personnel enseignant, scientifique, administratif et technique, ces universités sont soustraites au contrôle budgétaire et administratif. On peut réellement dire que dans les possibilités actuelles les universités d'État ont obtenu des facilités aussi larges que possible. A mon avis toutefois le problème des universités d'État doit encore être revu. Je ne considère en effet l'autonomie élargie actuellement que comme un pas vers la dotation annuelle. C'est dans ces conditions seulement que les universités d'État pourront rivaliser à chances égales avec les universités libres. Je pense qu'en disant que les universités d'État ont obtenu de grandes satisfactions personne ne me contredira quand j'ajoute que les universités libres ont été comblées. En effet lors des discussions au sein de la Commission Nationale des Sciences aucune des institutions libres d'enseignement universitaire ne s'est attendue aux subventions considérables accordées par les nouvelles lois. Quoique regrettant personnellement que le gouverne-

ment n'ait mis aucune condition à l'emploi de ces subventions, je me réjouis profondément de l'aide apportée aux universités libres. J'estime en effet que toute politique scientifique est condamnée à faire faillite aussi longtemps que les subventions à toutes les universités ne seront pas augmentées et accordées directement à ces universités.

Je pense que les nouvelles lois ont créé une situation anormale en ce qui concerne les Instituts Agronomiques de l'État et l'Ecole Vétérinaire de l'État à Cureghem. Nous constatons que, pour la première fois et à mon avis à juste titre, l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain est cité parmi les institutions d'enseignement universitaire libre et subventionné à ce titre. Si les universités d'État ont obtenu de larges satisfactions, rien n'a été prévu pour les deux Instituts Agronomiques et l'École Vétérinaire de Cureghem. Ne faut-il pas poser le problème de ces institutions et revoir leur statut ? N'est-ce même pas une et la première, des nombreuses facettes de la question, qui préoccupe tant d'esprits, à savoir la centralisation ou la décentralisation de l'enseignement universitaire, l'implantation d'enseignements universitaires spécialisés ? Sans aucun doute ces problèmes doivent être examinés et étudiés sans précipitation mais avec la conviction qu'ils sont urgents. Entretemps la situation des institutions existantes doit être consolidée.

A côté de l'adaptation de l'appareillage universitaire au nombre croissant des étudiants, il faut penser à l'adaptation de l'enseignement aussi bien en candidature qu'en licence. En licence il s'agit de supprimer les cloisonnements entre les disciplines, puisque nous constatons que ce sont les domaines frontières entre disciplines qui connaissent les développements les plus grands et les plus rapides. En candidature c'est le problème des grands auditoires qui se pose, en même temps que celui de l'aide à donner aux jeunes qui peuplent nos candidatures.

Si l'afflux des jeunes vers les qualifications supérieures est particulièrement réconfortant pour autant que ces jeunes soient bien orientés et trouvent un débouché, il pose toutefois un problème très préoccupant, celui de l'emploi. Le chômage intellectuel éventuel serait la pire des choses et quoique ce chômage n'est pratiquement pas à craindre dans une économie en expansion, il faudra sans doute admettre que des diplômés occupent des postes plus modestes. D'un autre côté il est incontestable qu'actuellement certains cadres sont insuffisamment fournis et que l'industrie ne fait pas assez appel aux techniciens universitaires. Quoiqu'il en soit, le problème de l'emploi des universitaires est d'une telle importance qu'il est indispensable de l'étudier d'urgence en fonction des prévisions économiques à brève et moyenne échéances.

On est assez étonné de constater que la croissance du nombre des hommes préparés à la recherche n'ait pas suivi l'augmentation générale des effectifs universitaires chiffrés, mais sans doute le fait que les pers-

pectives et conditions d'emploi dans l'université et dans le secteur privé ne sont pas assez attrayantes est à la base de ce phénomène. Réjouissons-nous de ce qu'une loi vient d'améliorer sensiblement la carrière universitaire par la création des grades de chargés de cours et de professeurs associés et espérons qu'une aide financière aux étudiants du doctorat vienne encourager la poussée vers les qualifications les plus élevées.

Si j'ai souligné que les universités doivent disposer directement des moyens de fonctionnement normal, il n'en reste pas moins que nous aurons également à encourager et à développer les établissements scientifiques, Observatoire, Institut Météorologique et autres, y inclus les stations agronomiques. Nous devrons veiller à établir des liens plus solides entre ces établissements et les universités et les inclure dans l'effort généralisé de l'initiation à la qualification la plus élevée, la recherche scientifique.

Le fait que les universités disposeraient directement des moyens de fonctionnement normal n'implique nullement que le rôle de nos grandes Fondations Scientifiques en serait diminué. Profitons de l'occasion pour leur rendre hommage du travail qu'elles ont accompli et plus particulièrement le Fonds National de la Recherche Scientifique, sans lequel nos universités seraient actuellement sans cadres, l'IRSIA pour avoir promu la recherche orientée et appliquée dans le domaine de l'agriculture et de l'industrie, l'Institut Interuniversitaire des Sciences Nucléaires pour son effort dans le domaine de la centralisation des recherches nucléaires, les Centres Interuniversitaires pour avoir permis des recherches dépassant les possibilités financières de nos universités. On peut se demander toutefois si pour les Fondations le moment n'est pas venu de revoir leur politique et leurs moyens d'action, surtout que les besoins de la recherche scientifique évoluent et changent rapidement. Ne faut-il par exemple pas prévoir une fondation autonome pour la recherche agronomique ?

Je voudrais terminer en soulignant la mission budgétaire du Conseil National de la Politique Scientifique. Non seulement le financement de l'effort de recherche du secteur public est à étudier, cette tâche est d'ailleurs comparativement facile, mais il y a aussi à analyser l'effort direct du secteur privé. Il y a surtout l'emploi judicieux des sommes mises à la disposition de la recherche scientifique par l'emprunt de 3 milliards sous garantie de l'État. J'estime que ces sommes doivent servir en premier lieu à la formation des hommes et à un nouveau développement de la recherche orientée et appliquée. Elles devraient en outre permettre de constituer une masse de manœuvres pour pouvoir à tout moment lancer des nouvelles initiatives.

Voilà un bref résumé de ma conception sur la politique scientifique

de la nation. J'ai parlé de certains points, j'ai touché à d'autres, tout en omettant d'aborder des problèmes pourtant très intéressants comme celui de la carrière du chercheur, celui des relations entre l'industrie et l'université, celui des aspects internationaux de la politique scientifique. J'ai tout simplement voulu montrer par quelques exemples que le Conseil National de la Politique Scientifique a devant lui une tâche immense.

Résumé

Après avoir fait la distinction entre politique scientifique et recherche scientifique, l'orateur donne une définition de la première de ces notions, valable pour un petit pays comme la Belgique. Il insiste sur la collaboration entre les universités et l'industrie et sur l'importance majeure que l'on doit attacher à la formation des chercheurs. Il envisage ensuite le rôle du bureau de programmation économique puis s'attache à l'étude des nouvelles lois destinées à promouvoir la recherche scientifique dans les universités et observe à ce sujet que les instituts agronomiques ont été oubliés...

En ce qui concerne la carrière des chercheurs, l'orateur aborde l'étude de la nouvelle loi concernant les chargés de cours et les professeurs associés.

Après avoir rendu hommage au travail de nos grandes institutions scientifiques, il pose enfin la question de savoir si une nouvelle institution, agronomique celle-là, s'avère indispensable.

Outline of a scientific policy of the Nation

Summary

After distinguishing between scientific policy and scientific research, the speaker gives a definition of the first notion, applicable in a small country like Belgium. He lays stress on the collaboration between universities and industrial concerns, and on the major importance which must be given to the training of scientific investigators. Then he considers the part to be played by the board of economic programming, and next, examines the new laws designed for promoting scientific research in universities, observing that in this matter the agricultural institutes have been left out.

With regard to the career of scientific investigators, the speaker considers the new law concerning associate lecturers and professors.

Finally, acknowledging the good work carried out in our great scientific institutions, he asks the question whether a new institution, agricultural as it would be, proves indispensable.

Einige Betrachtungen über die wissenschaftliche Politik der Nation

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem der Autor den Unterschied zwischen der wissenschaftlichen olitik und der wissenschaftlichen Forschung dargelegt hat, gibt er eine Definition des ersteren Begriffs, die einem kleinen Land, wie Belgien, gerecht wird. Er hebt die Zusammenarbeit zwischen den Universitäten und der Industrie hervor und legt seinen Nachdruck auf die Wichtigkeit, die man der Ausbildung der Forscher angedeihen lassen muss. Es bespricht dann die Aufgabe des Amts der ökonomischen Programmation und die neuen Gesetze, die die Förderung der wissenschaftlichen Forschung in den Universitäten zur Aufgabe haben und bemerkt dazu, dass die landbaulichen Institute vergessen worden sind.

Was die Laufbahn der Forscher anbetrifft, so b spricht der Redner das neue Gesetz die Vorlesungsbeauftragten und die Professoren betreffend.

Nachdem er der in unseren grossen wissenschaftlichen Einrichtungen geleisteten Arbeit gerecht geworden ist, stellt er die Frage, ob die Gründung einer neuen Anstalt, und diesmal einer landbaulichen, unbedingt notwendig sei.

Quelques aspects de la recherche scientifique dans les Instituts agronomiques

par G. Hanotiaux
Chef de Travaux, Président de l'Association de Gembloux

En commençant cet exposé relatif à quelques aspects de la recherche scientifique dans les Instituts agronomiques, je dois signaler qu'il est le résultat de nombreuses discussions entre mes confrères de Gembloux et moi-même. Nos collègues de Gand nous ont également présenté des idées intéressantes. Bref, je pense pouvoir dire que cet exposé reflète les idées actuelles du personnel scientifique des Instituts agronomiques de l'État sur cette question. Je remercie vivement tous ceux qui m'ont aidé et qui m'ont inspiré.

Voyons d'abord les origines de la recherche agronomique.

1. — Les origines

La plupart des historiens s'accordent sur le fait que les premières civilisations se sont développées dans trois régions privilégiées : la vallée du Nil, la Mésopotamie et la vallée de l'Indus. Ces trois régions possèdent en commun un sol fertile, un approvisionnement d'eau aisé, une topographie plane et des pluies pas trop abondantes, qui protègent le sol contre l'érosion. En Mésopotamie par exemple, lors de l'établissement des premiers centres urbains, nos ancêtres civilisateurs prirent soin de se fixer dans les endroits particulièrement fertiles, facilement irrigables et convenables, en tous points, aux pratiques agricoles et commerciales. L'humain nomade devenait pionnier. Il s'installait colon.

Déjà sa curiosité scientifique, son expérience rudimentaire et son jugement, lui firent choisir la région de la basse Mésopotamie, recouverte de riches limons, charriés par d'importants cours d'eaux tels que le Tigre et l'Euphrate.

Comme matériau de base, il avait essentiellement le roseau, dont il faisait des nattes, qu'il plaçait sur la vase mouvante des marécages. Cette masse boueuse s'asséchait lentement et devenait d'excellentes terres agricoles aussi bien qu'un bon matériau de construction.

Des témoignages datant de six mille ans ou plus nous instruisent amplement à ce sujet. De nos jours encore, des photos aériennes montrent nettement, dans la vallée de l'Euphrate, les réseaux immenses

de canaux d'irrigation datant de cette époque. Mais nous ne doutons pas que, dès l'aube de la préhistoire, l'homme s'est préoccupé de problèmes agricoles.

Pour retracer l'histoire de cette recherche en Agronomie, il nous suffirait de suivre les itinéraires qu'a tracés la civilisation au cours de son évolution et de montrer comment des agriculteurs intelligents et hardis ont su assimiler les découvertes scientifiques de leur temps, afin de mieux exploiter ce substrat qui leur était offert.

Cette évolution fut lente jusqu'à la fin du moyen âge. Après les croisades et la guerre de cent ans, qui fut particulièrement meurtrière dans les campagnes françaises, une période de paix et de grands progrès en agriculture allait commencer dès la fin du XV^e siècle. Des jardins botaniques furent organisés, des plantes d'origines lointaines furent étudiées et cultivées.

Des techniques agricoles furent discutées, des instruments nouveaux créés, des traités de botanique édités. Et c'est alors, en l'an 1.600, qu'Olivier de Serres publie son fameux ouvrage : « Théâtre de l'Agriculture et Mesnage des Champs ».

Le « Père de l'Agriculture Française », comme on l'a surnommé, réagit déjà vigoureusement contre l'empirisme. Voici d'ailleurs quelques phrases reprises dans son introduction.

« Certes pour bien faire une chose, il faut la bien comprendre premièrement... Or, qui se fie à l'expérience générale, au seul témoignage des laboureurs sans savoir pourquoi, il est en danger de faire des fautes mal réparables et s'égarer souvent à travers champs sur la foi de ses expériences incertaines ; de même qu'en médecine, les empiriques, alléguant aussi l'expérience, prennent souvent le talon pour le cerveau, se servant d'un même emplâtre pour toutes les maladies ».

Croyez bien que nous ne voulons offusquer aucunement les médecins en rappelant ces paroles d'Olivier de Serres.

Il n'empêche, le mouvement de discussion et d'expérimentation précise est lancé. Les sociétés d'agriculture se créent au XVII^e siècle et dès le début du XIX^e siècle, les applications pratiques de la chimie agricole et de la physiologie végétale, avec les travaux de Boussingault en France, de Liebig en Allemagne, de Gilbert en Angleterre et de bien d'autres, permettent l'obtention de rendements continuellement accrus.

De la véritable explosion de la recherche en agronomie à laquelle nous avons assisté depuis, il en est résulté des améliorations remarquables et étonnantes des récoltes, en quantité produite par unité de surface, et souvent aussi en qualité.

Mais tous les problèmes, même les plus fondamentaux sont loin d'être résolus. Cela nous amène à parler de l'aspect actuel de la recherche agronomique.

2. — Aspect actuel de la recherche agronomique

La recherche scientifique envisagée d'un point de vue général, se différencie habituellement en recherche « pure » et recherche « appliquée ».

C'est dans cette dernière classe que l'on range souvent la recherche agronomique.

La recherche appliquée paraît une fille simple et prosaïque à côté de sa sœur, la recherche pure, noble et prestigieuse. Mais ce sentiment de mépris relatif ne relève-t-il pas d'une conception archaïque du problème ? On pouvait penser naguère que le travail scientifique d'un savant constituait un pur délassement intellectuel sans grande utilité pratique pour la société.

L'anecdote suivante en témoigne.

Faraday, en manipulant l'aimant qui servait de jouet à un gosse, découvre qu'il produit du courant électrique dans un fil situé à proximité. Cette simple découverte devient l'un des fondements de toute l'industrie électrique. Le législateur de l'époque lui demande avec un certain dédain : « mais quelle peut bien être l'utilité de cette découverte » ? Faraday répond simplement : « Un jour, vous en toucherez sans doute des impôts ». Ce qui s'est bien réalisé.

Aujourd'hui, on admet que n'importe quelle découverte est susceptible d'une application plus ou moins rapide et qu'il n'est guère possible de distinguer à priori les voies qui seront immédiatement les plus rentables de celles qui ne le seront pas.

Le critère différenciant les deux types de recherches ne réside pas dans la nature du sujet étudié mais bien dans l'estimation, souvent arbitraire, d'une application pratique à échéance plus ou moins brève.

A notre avis, si cette hiérarchie se manifeste parfois, elle apparaît toujours confuse. Les termes « Sciences pures » et « Sciences appliquées » sont mal choisis, car dans chaque discipline se présentent en même temps des problèmes pratiques et des problèmes plus fondamentaux. Ce qui est intéressant, ce n'est pas de définir le type de recherches que nous effectuons mais de faire un choix des méthodes et des moyens que nous employons pour résoudre nos problèmes. Nous préférons distinguer entre « Recherche fondamentale » et « Recherche empirique ». Quoi qu'en ait dit Olivier de Serres, il faut bien reconnaître que, jusqu'il y a peu, l'empirisme a dominé la recherche agronomique. Ce n'était pas un empirisme rigoureux au sens où il l'entendait. Ce n'était pas cette théorie philosophique qui, s'opposant au méthodisme cartésien, prétend que toute connaissance provient uniquement de l'expérience, sans idées ni théories à priori. C'était un « empirisme

dirigé » comme le dit Marcel Homès. Il est bien dommage que l'on ait donné un sens péjoratif à ce type de recherches, car il faut reconnaître que, si nos paysans récoltent maintenant cinquante quintaux de blé à l'hectare, au lieu des huit quintaux du siècle dernier, c'est bien à ces recherches empiriques qu'ils le doivent. S'il avait fallu attendre les conclusions de nos recherches fondamentales sur la physiologie de la croissance des plantes, avant que les agriculteurs n'agissent en modifiant leurs façons culturales, que de famines et de misères supplémentaires le monde n'aurait-il pas connues ?

Mais aujourd'hui, les problèmes agronomiques apparaissent sous un jour nouveau. Les exigences du rendement quantitatif se transposent sur le plan de la qualité et de l'abaissement du prix de revient. D'autre part, les problèmes alimentaires se posent à l'échelle mondiale et non plus nationale. La perspective de l'accroissement numérique de l'humanité laisse prévoir que de nouvelles techniques de production de nourriture devront être envisagées. Dans le cadre nouveau qui se dessine, il est nécessaire de comprendre les phénomènes fondamentaux qui sont à la base de la production végétale et animale. L'observation purement statique des phénomènes doit être complétée.

Faut-il préférer, dans le domaine agronomique, la recherche empirique, avec ses résultats pratiques immédiats, à la recherche fondamentale plus précise mais beaucoup plus lente ? Nous répondrons : tout dépend de la nature de la question posée et de l'urgence de la solution que l'on veut obtenir.

En Belgique, trois grandes organisations scientifiques s'occupent de recherches en agronomie : les stations du Ministère de l'Agriculture, les Centres de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture et les Instituts Agronomiques dépendant du Ministère de l'Instruction Publique. Nous n'avons pas à définir un programme de recherches pour les deux premiers types d'organismes cités. Mais nous savons pratiquement que, vu leurs fonctions diverses et les impératifs économiques du moment, ils emploient tantôt la méthode empirique, tantôt la méthode fondamentale. Par contre, dans les Instituts Agronomiques, les membres de leur personnel scientifique proclament unanimement la nécessité de se consacrer en principe à a lrecherche fondamentale.

Et voici leurs raisons.

Les Instituts Agronomiques relèvent de l'enseignement universitaire qui, comme le proclame l'adage « ...enseigne la science qui se fait et fait la science qui s'enseigne ». Par conséquent, l'enseignement fourni à nos étudiants doit refléter les tendances progressistes de la science.

Par les questions qu'elles posent, par l'importante documentation exigée lors de l'établissement des programmes de travail, par les nom-

breuses réflexions et discussions entre collègues qu'elles suscitent, enfin par cette poursuite originale et incessante de la vérité, seules, des recherches de caractère fondamental peuvent garantir le standing universitaire que l'on est en droit d'exiger de nos institutions.

3. — Coordination de la recherche

Si l'on adopte cette façon de voir, il va en résulter certains dangers que nous allons dénoncer. Nous assistons en premier lieu à un éparpillement de la recherche. Les grandes branches de l'enseignement agronomique traditionnel se pulvérisent. Les problèmes posés s'accroissent d'une manière vertigineuse. Le nombre de spécialités et de spécialistes augmente de telle façon que nous risquons finalement de perdre le point de vue agronomique dans nos investigations particulières.

Car l'agronomie est essentiellement une science de synthèse faisant appel en même temps à des disciplines variées et nombreuses.

A l'heure actuelle, nous devons bien reconnaître que peu de spécialistes sont capables de résoudre, entièrement seuls, certains problèmes agronomiques. Peut-être quelques écologistes éminents, particulièrement doués et au bagage scientifique étendu, parviendraient-ils encore à concevoir clairement les problèmes si complexes de l'Agronomie ? Ces personnalités sont pourtant l'exception.

Quoique difficile et délicat à juger à priori, un autre danger, découlant de cet éparpillement, peut résider dans le choix de problèmes futiles, insignifiants, ou même de faux problèmes.

Il s'ensuit qu'une certaine coordination de la recherche devient une nécessité impérative.

D'un point de vue idéal, on pourra t concevoir que d'éminents spécialistes se consultent régulièrement et formulent, dans les conclusions de leurs débats, les principaux sujets de travaux urgents à entreprendre.

On pourrait également concevoir des organismes, associant d'une manière structurale les chercheurs travaillant simultanément à la réalisation d'un vaste programme d'ensemble.

Nous croyons cependant que ces vues sont actuellement peu réalisables, que les relations humaines ne peuvent se placer sur ce plan idéal et qu'il faut faire confiance à l'initiative individuelle et la respecter.

La position que nous défendons est la suivante : nous préconisons la coordination de la recherche, essentiellement au niveau des consultations entre spécialistes d'une même discipline ou de disciplines différentes, afin qu'il s'en dégage une orientation raisonnée de la recherche agronomique. Ces consultations au niveau national, européen ou international devraient être plus fréquentes et plus larges que celles réa-

lisées de nos jours. Mais il faut laisser la liberté entière à chacun des chercheurs dans le choix de ses propres problèmes, de ses moyens d'exécution et de ses collaborations.

4. — Les moyens matériels

Mais nous savons aussi que toute progression dans la connaissance des vérités scientifiques exige des techniques et des moyens toujours plus complexes et plus onéreux. La recherche demande non seulement une grande patience mais aussi la disponibilité d'importants moyens financiers. Il faut reconnaître que dans les Instituts agronomiques beaucoup de chaires manquent de locaux pour installer convenablement leurs laboratoires, que l'équipement scientifique est loin d'être parfait et que le recrutement de collaborateurs-techniciens est des plus défectueux.

Et pourtant, aussi habile que soit l'artisan, comment pourra-t-il réaliser son œuvre, s'il ne possède pas d'excellents outils ?

Afin d'obtenir des moyens financiers indispensables, certains ont voulu intéresser le secteur privé et des organismes parastataux à leurs recherches. Mais il est évident que ces institutions s'attendent, en contre partie de leur soutien pécuniaire, à des résultats pratiques, importants et rapides.

Ce contrat entre l'organisme et le chercheur, s'il présente une certaine assurance dans la productivité scientifique, nuit cependant à la sérénité indispensable au savant. D'autre part, la nature même de certains travaux pose des entraves à la liberté d'orientation de la recherche qui devrait être, pourtant, le privilège de nos institutions. Cette autonomie relative, quant à la libre disposition des moyens, constitue une des conditions primordiales au développement de la recherche sur le plan de la science fondamentale. Il serait donc nécessaire et urgent que les Instituts agronomiques disposent de vastes locaux et de larges crédits afin de mieux servir la science, en toute indépendance.

5. — Le personnel scientifique et la recherche

Encore ne suffit-il pas d'avoir les moyens matériels pour réaliser un travail scientifique de grande ampleur, il faut aussi des cerveaux capables et brillants.

Les tâches que l'on demande au corps professoral comme au personnel scientifique sont nombreuses ; elles peuvent se classer en deux grands groupes : l'enseignement et la recherche.

Nous avons déjà dit que ces activités devraient être complémen-

taires afin que le standing de nos Instituts se maintienne au niveau universitaire. Mais il ne faut pas se leurrer. La préparation des cours, l'établissement et la surveillance des travaux pratiques, les nombreuses excursions, le travail bibliographique intense, la participation à des congrès, les stages à l'étranger, enfin le simple travail administratif sont autant d'activités absorbantes qui peuvent nuire à l'aspect quantitatif de la recherche.

Certains ont même préconisé le thème : « L'enseignement aux professeurs, la recherche aux chercheurs ». Mais dans le cadre de l'enseignement universitaire est-ce tellement l'aspect quantitatif qui doit être retenu ? Certainement, non.

Comme le dit A. Molitor, dans ses « Réflexions sur une politique scientifique » (1), il faut avant tout des travaux de la meilleure qualité. Cette excellence des travaux peut être atteinte grâce à des impératifs tels que ceux-ci :

a) *les moyens matériels* mis à la disposition.

Nous venons de parler de ce problème, nous n'y reviendrons pas.

b) *la formation du chercheur.*

L'esprit de synthèse requis de l'enseignant pour la préparation de ses cours est un précieux atout dans les activités de recherche. La vaste érudition qu'il doit acquérir, les multiples aspects d'un sujet dont il doit traiter, la familiarisation avec les travaux connexes etc..., permettent à l'enseignant de remettre toute question à sa juste place et à sa juste valeur. Et ceci, à l'opposé du chercheur trop spécialisé qui risque de négliger certains aspects extérieurs à ses problèmes.

c) *la qualité même des cerveaux engagés.*

C'est naturellement dans la sélection sévère des futurs chercheurs que réside la principale garantie de fécondité dans les travaux escomptés. En réalité, la sélection opérée actuellement par les Conseils Académiques est très exigeante. Que l'on examine la façon de recruter un assistant, puis de le nommer au grade de chef de travaux, nous serons édifiés et rassurés sur la valeur des candidats. En effet, les assistants sont choisis par un professeur qui a eu tout le loisir, au cours de ses contacts aux examens, aux travaux pratiques, ou bien lors de la réalisation d'un travail de fin d'études, d'apprécier les aptitudes évidentes d'un étudiant pour la recherche scientifique. Si le professeur

(1) A. Molitor, 1960. *Réflexions sur une politique scientifique.* Revue de la S.R. des Ing. et Ind., Bruxelles-Avril 1960, pp. 185-195.

dispose d'un mandat d'assistant, il présente son candidat à l'ensemble du Conseil Académique qui l'agrée éventuellement. Ce choix doit encore être ratifié par un Arrêté Royal. Puis, au long de sa carrière où les mandats renouvelables sont limités, l'assistant doit faire preuve d'une activité multiple qui va, depuis la préparation et l'organisation des travaux pratiques, la répétition de cours, le travail de recherche, les voyages d'études,les publications, jusqu'à l'acquisition de nouveaux diplômes, de titres scientifiques, etc... Et toute cette activité ne lui donne pas encore l'assurance de devenir chef de travaux.

Cette sélection, qui peut paraître très exigeante, est logique et nécessaire, si l'on n'oublie pas l'importance morale de telles fonctions. D'ailleurs, elle donne des résultats heureux comme en témoignent les nombreux travaux publiés par le personnel scientifique de nos Instituts Agronomiques.

La multiplicité des tâches du personnel scientifique doit-elle faire considérer la recherche comme une activité accessoire et ce, malgré la compétence particulière de ses membres ?

Nous ne le pensons pas, pour la bonne raison que la recherche fait partie intégrante des activités d'enseignement. Généralement, un assistant ou un chef de travaux se spécialise dans un domaine très particulier de la chaire qui l'occupe. Les nouvelles connaissances qu'il acquiert, les découvertes qu'il fait, le portent naturellement à communiquer aux étudiants les fruits de son travail, la méthode employée, les aléas et les astuces du métier. Toutes ces indications servent excellement et d'une manière concrète à la formation des étudiants. Ces derniers, réunis en petits séminaires lors des travaux pratiques, discutent et apprécient les données. Bien souvent alors, des vocations se dessinent. La recherche scientifique a gagné de nouveaux adeptes.

Il serait désirable que, dans les années d'ingénieur, les travaux pratiques soient organisés de manière telle que les étudiants touchent très concrètement le domaine de l'investigation. Les séminaires, la participation même à la recherche, devraient se généraliser.

La recherche scientifique fait partie des activités d'enseignement, non seulement lors des travaux pratiques, mais aussi et surtout, lors du travail de fin d'études ou lors de la préparation d'une thèse de doctorat. La grande expérience pratique du professeur et de ses collaborateurs est le plus sûr garant de la réussite de tels travaux.

Nous aurions mauvaise grâce à insister ; la recherche de caractère fondamental est vitale pour l'enseignement supérieur. Le corps professoral et le personnel scientifique sont vraiment aptes à la mener à bonne fin.

6. — Le personnel scientifique, ses devoirs et ses droits

Tout au long de notre exposé nous avons parlé des nombreux devoirs du personnel scientifique des Instituts Agronomiques. Ces activités diverses exigent une vocation sérieuse, souvent éprouvée. La recherche scientifique est en effet une véritable vocation, un appel impérieux, irrésistible, qui lance l'élu vers les régions inexplorées du savoir. Et comme le dit si bien Pierre Termier (1) : « Il en est d'elle comme de la vocation d'artiste, ou de poète, ou d'apôtre... c'est une voix plus forte que toutes les voix de la terre et du monde et qui domine le bruit des cataractes, les bruits que font les peuples en marche, le bruit que fait, dans le cœur de chaque homme, le bouillonnement de la vie ».

Pour P. Termier le chercheur scientifique, par ses enthousiasmes exclusifs ou ses découragements subis, par la poursuite incessante de l'ineffable beauté de la vérité, est un amoureux »... il est distrait comme un « amoureux, et comme un amoureux, naïf et simple ».

Ce n'est pas une raison pour le berner ou pour profiter de sa naïveté. Et nous ne sommes plus d'accord avec le célèbre géologue quand il dit du chercheur : « sa pauvreté, — pourvu qu'elle ne devienne pas la misère — ne lui pèsera pas beaucoup... il aura... l'amour d'être pauvre, parce que la pauvreté grandit les pensées... ».

Et bien non, M. Termier, nous ne sommes pas tous des poètes et cette pauvreté nous gêne. Nous ne voyons vraiment aucune raison de grandeur à priver l'élite intellectuelle d'un certain standing nécessaire à la sérénité de son esprit et à l'épanouissement heureux de sa famille. Le gouvernement a compris le service immense que rendaient les universités à la nation. Il se préoccupe de ces problèmes épineux dont les solutions vraiment adéquates se font toujours attendre.

Notre tribune ne veut pas être revendicatrice. Il nous semble cependant qu'en face des exigences importantes de son état, le personnel scientifique a droit à certains avantages moraux et matériels.

Antérieurement, la carrière d'un chercheur se terminait presque toujours par l'obtention d'une chaire et par l'acquisition du titre de professeur d'université, titre suprême couronnant sa carrière de savant. A présent, la pulvérisation des services au sein de nos Instituts Agronomiques et la multiplicité des membres du personnel scientifique changent les perspectives de l'avenir professionnel de ces derniers. La comparaison des fins de carrière d'un chef de travaux et d'un professeur révèle un tel déséquilibre qu'il serait vraiment injuste de priver un

(1) P. Termier, 1948, *La Vocation de Savant*. Éd. Desclée, De Brouwer et Cie, Paris.

excellent chercheur d'accéder à ce poste dominant, par suite de l'obstruction des cadres.

Avec une réelle volonté de compensation, le gouvernement vient de créer les fonctions de Chargé de cours associé et de Professeur associé dans les universités. Ces charges, tout en n'alourdissant pas le programme des études, permettent aux éléments brillants de faire une carrière complète. Qu'il nous soit permis de presser le gouvernement à l'extension rapide de ces décisions aux Instituts Agronomiques. Qu'il nous soit permis de souhaiter aussi la multiplication accélérée de ces fonctions.

7. — Conclusion

En guise de conclusion, nous pourrions résumer les grandes lignes d'une politique de la recherche dans les Instituts Agronomiques, telle que la préconise le Personnels cientifique de ces établissements.

1. Étude des grands problèmes agronomiques par une collaboration active, mais non imposée, entre les spécialistes des nombreuses branches de l'Agronomie.

2. Nécessité de donner à la recherche un caractère nettement fondamental.

3. Mise de fonds importante dans la construction de nouveaux locaux, dans l'équipement des laboratoires, dans la création de nombreux emplois techniques et dans l'acquisition de champs d'expérience.

4. Sélection sévère des chercheurs, mais octroi d'une carrière stable, sereine et bien rémunérée.

Tel est notre crédo scientifique. En œuvrant à sa réalisation dans notre travail journalier, nous pensons faire œuvre humanitaire. Car ces 100.000 nouveaux êtres humains supplémentaires que la terre doit nourrir quotidiennement, nous, agronomes de Belgique et du monde entier, nous en sentons responsables. C'est ce qui donne à notre tâche sa haute valeur morale et aussi, son enthousiasme impérissable.

Résumé.

Actuellement, les connaissances et les techniques se rapportant aux différentes disciplines agronomiques sont telles que l'on peut étudier plus fondamentalement des questions qui autrefois ne pouvaient être abordées que d'une manière empirique.

Cette évolution pose d'importants problèmes d'adaptation.

Les Instituts Agronomiques ont une double mission : l'enseignement et la recherche. Ces activités complémentaires procurent aux chercheurs une large formation favorable à l'étude plus approfondie des problèmes. Dans cette optique, il y aurait avantage à favoriser au maximum la collaboration entre chercheurs.

Pour que cette politique réussisse, il est nécessaire que le personnel scientifique soit hautement qualifié. Ceci postule une sélection sévère, mais également des conditions morales et matérielles adéquates. D'autre part, l'équipement des laboratoires doit être prévu en conséquence.

Le Personnel scientifique des Instituts Agronomiques, quant à lui, ne ménagera aucun effort pour l'aboutissement d'une telle politique.

Some aspects of scientific research in Agricultural University Colleges

SUMMARY.

At the present time, knowledge and technique in connection with the different agricultural disciplines enable research workers to investigate more deeply questions which formerly could only be approched empirically.

Such an evolution gives rise to important problems of adaptation.

Agricultural University Colleges have a twofold mission : scientific education and research. These two complementary activities ensure for research workers, a wide formation favourable to a more thorough study of the problems. Looking upon the matter from that point of view, collaboration between investigators should be encouraged to a maximum.

For the success of this policy, it is essential that the scientific staff be highly qualified. This means a rigid selection, but also adequate moral and material conditions. On the other hand, laboratories would have to be properly equipped.

For their part, the members of the Scientific Staff of the Agricultural Colleges, will spare no effort for the outcome of that policy.

Einige Hinblicke auf die wissenschaftliche Forschung in den landwirtschaftlichen Instituten

ZUSAMMENFASSUNG.

Zur Zeit sind die Kenntnisse und die technischen Mittel, die sich auf die verschiedenen landwirtschaftlichen Fächer beziehen, so fortgeschritten, dass man Fragen, die vorher nur empirisch beantwortet werden konnten, heute viel eingehender bearbeiten kann.

Diese Entwicklung bietet uns wichtige Probleme der Anpassung.

Die landwirtschaftlichen Institute haben eine doppelte Aufgabe : den Unterricht und die Forschung. Diese zusätzliche Tätigkeit bietet den Forschern eine erweiterte, günstige Bildung für eine weitgehenderes Erfassen der Pro-

bleme. In dieser Hinsicht würde man gut daran tun, die Zusammenarbeit zwischen Forschern im Höchstmass zu begünstigen.

Damit diese Art und Weise zu handeln von Erfolg gekrönt sei, ist es notwendig, dass das wissenschaftliche Personal äusserst qualifiziert ist. Diese Forderung verlangt eine strenge Auswahl, aber auch diesbezügliche moralische und materielle Eigenschaften. Anderseits muss die Einrichtung der Laboratorien den Forderungen Rechnung tragen.

Was das wissenschaftliche Personal der landwirtschaftlichen Institute anbelangt, so darf dieses keine Bemühung scheuen, solche Forschungspolitik zu einem guten Ende zu führen.

COLLOQUE SUR LES PROBLÈMES ÉCOLOGIQUES ET TECHNIQUES DE LA HÊTRAIE D'EUROPE OCCIDENTALE

ORGANISÉ EN COLLABORATION AVEC LE CENTRE DE CARTOGRAPHIE PHYTOSOCIOLOGIQUE (I.R.S.I.A.) ET LE CENTRE D'ÉTUDE DES SOLS FORESTIERS DE L'ARDENNE ET DE LA GAUME (I.R.S.I.A.)

Gembloux, 25-26 juillet 1960

PRÉSIDENT DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Professeur A. Noirfalise

Institut agromique, Gembloux

Zur Systematik der west- und mitteleuropäischen Buchenwälder

von Reinhold Tüxen

Leiter der Bundesanstalt für Vegetationskartierung, Stolzenau, Deutsche Bundesrepublik

Vor fast 30 Jahren erschien, von Eduard Rübel (1932) herausgegeben, das bekannte Sammelwerk über die Buchenwälder Europas, das die Kenntnisse dieser Waldgesellschaften von 14 Autoren aus verschiedenen Ländern vereinigte. Man muss die Tatkraft des Herausgebers und seinen Weitblick bewundern: Gelang es ihm doch, mit diesem Werk eine Grundlage zu schaffen für methodische und sachliche Vergleiche innerhalb der untersuchten Gebiete und damit die weitere Forschung stark anzuregen.

Inzwischen haben sich die soziologischen Untersuchungsbefunde der europäischen Buchenwälder vervielfacht und zugleich, was uns bemerkenswert erscheint, die zunächst recht verschiedenen Auffassungen vom Wesen der Buchenwaldgesellschaften und von ihren Untersuchungsmethoden einander stark genähert, ja vereinheitlicht. Heute liegen aus fast allen europäischen Ländern, in denen Buchenwälder wachsen, zahlreiche pflanzensoziologische Aufnahmen und Tabellen vor, die nach gleichen Gesichtspunkten gewonnen worden sind. Die Begriffe und die Methode von Josias Braun-Blanquet haben sich überall durchgesetzt, was besonders dann deutlich wird, wenn man nicht nur die gedruckten, sondern auch die noch unveröffentlichten Manuskript-Tabellen europäischer Buchenwälder berücksichtigt. Sehr eingehend sind die Buchenwälder in Belgien, Luxemburg und in Deutschland, in der Schweiz, in Polen und in Jugoslawien bekannt. Gut untersucht sind auch grosse Teile von Frankreich, Österreich, der Tschechoslowakei, von Ungarn und Rumänien. Aus Schweden liegen neben älteren veröffentlichten weitere Manuskript-Tabellen vor. Dagegen wissen wir nicht genug über die Buchenwälder in Dänemark, Spanien und Italien und sehr wenig über diejenigen in England, auf Korsika und Sizilien. Mit dieser Aufzählung wäre zugleich ungefähr das Areal der europäischen Buchenwälder umrissen.

In den dreissiger und vierziger Jahren wurden vielfach geographische Einteilungen, zunächst allerdings recht einfach gewonnen, für die Glie-

derung der Buchenwald-Assoziationen in den einzelnen Gebieten bevorzugt, wovon Namen wie

Fagetum	alpinum	Fagetum	moesiacae
—	arduennense	—	montanum
—	austroalpinum	—	neomarchicum
—	balticum	—	praealpinum
—	bohemicum	—	praealpino-jurassicum
—	boreoalpinum	—	subalpinum
—	boreoatlanticum	—	subhercynicum
—	britannicum	—	submontanum
—	carpaticum	—	sudeticum
—	croaticum	—	tatricum
—	gallicum	Abieto-Fagetum jurassicum	
—	mediterraneum	Abieto-Fagetum peninicum	

um nur einige Beispiele zu nennen, Zeugnis ablegen. Moor (1938) konnte geographische Differentialarten mehrerer dieser Assoziationen herausstellen. Im letzten Jahrzehnt wurde mehr Wert auch ohne entscheidende Bewertung der Verbreitung auf die Artenverbindung für die Feingliederung der Buchenwälder in selbständige floristisch definierte Assoziationen gelegt, nachdem sich gezeigt hatte, dass die standörtlich bedingten floristischen Unterschiede in einem bestimmten Gebiet viel grösser sein können als die oft nur geringen Verschiebungen in den Artenverbindungen vikariierender Gesellschaften von Gebiet zu Gebiet.

Zu gleicher Zeit wurden die Buchenwaldgesellschaften, einer allgemeinen Tendenz in der pflanzensoziologischen Systematik in Europa folgend, enger gefasst. Moor (1952), Hartmann (1953), Oberdorfer (1957), Passarge (1960), Scamoni (1960) u.a. Autoren spalteten unter dem Eindruck der wachsenden Fülle neuer Aufnahmen und Tabellen, in den von ihnen überblickten Arbeitsgebieten, jene zunächst oft recht heterogenen geographisch gefassten Einheiten nach ihrer Arten-Verbindung sehr weitgehend — z.T. gewiss zu stark — auf, so dass einzelne dieser Assoziationen floristisch nur noch schwach voneinander unterschieden sind.

Die rasch wachsenden Kenntnisse von den verschiedenen europäischen Buchenwald-Gesellschaften forderten geradezu Überprüfungen und den Ausbau der ersten Zusammenfassungen in einzelnen Teilgebieten, aber auch im gesamten Bereich der Buchenwälder heraus. Neben den in allen grösseren systematischen Übersichten über die Pflanzengesellschaften einzelner Länder enthaltenen Angaben verdanken wir den Studien von Moor (1938, 1952, 1960) solche kritisch ordnende Überblicke. Innerhalb der Klasse der Querco-Fagetea werden die reinen Buchenwälder (neben Tannen- und gewissen Ahorn-Waldgesellschaften) seit 1928 als Fagion-Verband der Ordnung der Fage-

talia silvaticae unterstellt. Diese Auffassung wurde nicht grundsätzlich durch die Benennung (Eu-)Fagion silvaticae durch VLIEGER (1937) oder Asperulo-Fagion durch KNAPP (1942) gewandelt (vgl. MOOR 1960). Erst HORVAT (1950) brachte mit seinem Fagio nillyricum eine neue Note in die bisherige Systematik, indem er zur ursprünglichen Betonung geographischer Züge zurückkehrte. Das Fagion illyricum umfasst verschiedene regionale Gebietsassoziationen vom Fagetum, Aceri-Fraxinetum und Querco-Carpinetum SO-Europas.

In den letzten Jahren mehrten sich die Vorschläge, den alten Fagion silvaticae-Verband aufzuteilen. Die darin bisher enthaltenen reinen Buchen (Tannen)-Wälder wurden nun von verschiedenen Autoren (vgl. MOOR 1960, S. 271 ff.) in Luzulo-Fagion, Asperulo-Fagion, Eu-Fagion, Cephalanthero-Fagion, Abietion, Abieti-Fagion zerlegt.

Während von den meisten Autoren das pflanzensoziologische System von den Assoziationen über die Verbände und Ordnungen zu den Klassen rein induktiv von unten her durch Zusammenfassung floristisch ähnlicher Einheiten aufgebaut wurde, folgten in den letzten Jahren deduktive Vorschläge, vor allem für neue Ordnungen, die an die Stelle der alten Fagetalia-Ordnung treten sollten. Sie mögen sich aus dem wachsenden Bedürfnis nach Überblickbarkeit des sich ständig vergrössernden Stoffes und zugleich aus den wachsenden Schwierigkeiten bei der Beschaffung und Verarbeitung aller Einzeltatsachen genügend erklären lassen.

VANDEN BERGHEN (1957) und, seine Vorstellungen weiter entwickelnd, DOING KRAFT und WESTHOFF (1958) schlugen neben der alten Fagetalia silvaticae-Ordnung die Aufstellung einer neuen: Querceto-Fagetalia vor, wofür ökologische, geographische und syndynamische Erwägungen massgebend zu sein scheinen. SCAMONI und PASSARGE (1959) zerlegten dagegen die Fagetalia in Carpino-Fagetalia mit Eu-Fagion und Eu-Carpinion und Luzulo-Fagetalia mit Luzulo-Fagion und Carpino-Quercion (vgl. a. SCAMONI 1960), wobei offenbar praktische Gesichtspunkte Pate gestanden haben dürften.

Aus der rasch wachsenden Fülle von Einzeltatsachen, d.h. vermehrter Aufnahmen und Tabellen, erklären sich wohl gewisse Gefahren, die den beiden Arbeitsrichtungen, die zum Ausbau des Systems der Pflanzengesellschaften notwendig einzuschlagen sind, zur Zeit drohen: Je weniger die gesamten bis jetzt bekannten Aufnahmen und Tabellen überblickt werden, neigt der einzelne Bearbeiter offenbar sowohl zur engen Fassung der Pflanzengesellschaften seines Arbeitsgebietes, das er sehr genau kennt, und in Ermangelung synthetischer Übersichtstabellen mit allen bekannten Aufnahmen zur Ausweichlösung deduktiv gewonnener Vorstellungen, die sich allerdings nicht immer bei näherem Zusehen und induktiver Nachprüfung bewähren.

Trotz aller bis jetzt geleisteten Arbeit sind wir noch weit von einer klaren, allgemein annehmbaren Abgrenzung der verschiedenen Buchenwald-Assoziationen Europas entfernt. Immerhin könnte sie bei zielbewusstem gemeinschaftlichem Vorgehen aber wohl bald erreicht werden.

Ein brauchbarer Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung der Systematik der europäischen Buchenwälder innerhalb der Klasse der Querco-Fagetea bleibt die gründliche Studie von Moor (1960), die kritisch gesichtet das Gesicherte klar zusammenstellt.

Wir stimmen schon lange in fast allen Punkten mit Moor überein und glauben unsere über die grössten Teile des europäischen Buchenwald-Areals erworbene eigene Anschauung und die in der Literatur und in demA rchiv der Bundesanstalt für Vegetationskartierung in Stolzenau Weser vereinigten nicht veröffentlichten Tabellen in der vorgeschlagenen Weise ordnen und zusammenfassen zu können. Moor möchte allerdings das Fagion nicht in weitere Verbände unterteilen und « das System nur ungern mit Unterverbänden belastet » sehen, die damit immerhin als möglich anerkannt werden. In Übereinstimmung mit anderen Autoren (Klika 1955, Oberdorfer 1956, 1957, Mráz 1957, Scamoni und Passarge 1960, Passarge 1959, Scamoni 1960) hatten wir schon vor einiger Zeit die Gliederung des Fagion-Verbandes in drei Unterverbände (zeitweise Verbände) vorgeschlagen (Tx. 1955, Tx. und Oberdorfer 1958).

Zum Fagion-Verband rechnen wir nur jene Buchen-(und Tannen-) Wälder, deren Artenverbindung Verbandscharakterarten wie Elymus europaeus, Melica uniflora, Festuca silvatica, Cardamine bulbifera, C. enneaphyllos (vgl. jedoch Aichinger 1933, p. 283), C. pinnata, C. digitata, Daphne mezereum, Prenanthes purpurea, Abies alba u.a. neben den Assoziations-Charakterarten und Ordnungs- und Klassencharakterarten der Fagetalia und Querco-Fagetea enthält (vgl. Moor 1960). Fraxino-Carpinion-, Quercion pubescentis- und Prunetalia-Arten sollen in reinen Aufnahmen dieser Gesellschaften möglichst wenig enthalten sein, worauf bei der Auswahl der Probeflächen zu achten wäre.

Um Missverständnisse auszuschliessen, dürfen wir ausdrücklich bemerken, dass wir keineswegs ohne weiteres alle Laubwälder, in denen Fagus grössere Menge erreicht oder bei nachlassendem menschlichen Einfluss zunächst herrschen würde, mit dem Fagion gleichsetzen. Fagus silvatica greift ja ziemlich weit in Buchen-Eichenwälder des Quercion robori-petraeae über und reicht ebenfalls sehr weit ins Fraxino-Carpinion und sogar in bestimmte Assoziationen der Quercetalia pubescentis hinein. Ebenso stösst Abies alba weit in das Vaccinio-Piceion vor, und so bilden die Probleme der Abgrenzung des Fagion silva-

ticae eine bedeutende und drängende Aufgabe für den pflanzensoziologischen Systematiker, die nur dann zu bewältigen ist, wenn auch gleichzeitig die Systematik dieser Nachbarverbände und Ordnungen genügend geklärt worden ist. Es gilt also mit anderen Worten die Grenzen des Fagion gegen das Fraxino-Carpinion, das Quercion pubescentis, das Quercion robori-petraeae und gegen das Vaccinio-Piceion zu finden. Das ist bisher noch nicht befriedigend gelungen. Auch die Eichen-Wälder, insbesondere die Quercion pubescentis-Gesellschaften, werden noch einer scharfen Überprüfung bedürfen, weil sie sehr häufig bei verlichtetem Kronendach mit Prunetalia-Arten vermischt sind, die in geschlossenen Waldbeständen dieses Verbandes ganz zurücktreten oder fast fehlen. Auch die Abgrenzung des Fagion gegen das Quercion robori-petraeae fordert zu gleicher Zeit eine klare Scheidung dieses Verbandes vom Pinion silvestris. Diese noch bestehenden Schwierigkeiten, die ihre Wurzel in der noch nicht genügend klaren Fassung der verschiedenen Verbände der europäischen Waldgesellschaften haben, rühren ausserdem davon her, dass noch nicht aus allen Gebieten genügend zahlreiche Aufnahmen vorhanden sind. Ohne der zukünftigen endgültigen Lösung vorgreifen zu wollen, glauben wir, wenn auch noch nicht Vorschläge für die Systematik des Fagion-Verbandes im einzelnen, also der Buchen- und Tannenwald-Assoziationen, so doch Richtlinien für die weitere Arbeit geben zu können. Dabei möchten wir, soweit sie sich als anregende Arbeitshypothesen bisher bewährt haben, auch einige deduktive Gesichtspunkte nicht ganz von der Hand weisen.

Ohne zu den von neueren Autoren unterschiedenen zahlreichen sehr eng gefassten Assoziationen Stellung zu nehmen, deren Namen wir hier in alphabetischer Reihenfolge aufführen :

Abieto-Blechnetum
Abieto-Fagetum
Acereto-Fagetum
Anemoneto-Fagetum
Asperulo-Fagetum
Blechno-Fagetum
Buxeto-Fagetum
Carici-Abietetum
Carici-Fagetum
Carici pilosae-Fagetum
Carpineto-Fagetum
Cephalanthero-Fagetum
Colurneto-Fagetum
Dactyleto-Fagetum
Dentarieto-Fagetum
Deschampsieto-Fagetum
Elymo-Fagetum
Equiseteto-Abietetum
Fagetum silvaticae
Festuco-Fagetum
Frangulo-Fagetum
Fraxineto-Fagetum
Helleboreto-Fagetum
Lathyreto-Fagetum
Luzulo-Fagetum
Majanthemo-Fagetum
Melampyro-Fagetum
Melico-Fagetum
Periclymeno-Fagetum
Petraeo-Fagetum
Piceeto-Fagetum
Querceto-Fagetum
Seslerio-Fagetum
Scilleto-Fagetum
Taxeto-Fagetum
u.a.

wollen wir hier nur einige wenige Beispiele von Buchenwald-Assoziationen des Fagion-Verbandes näher beleuchten.

Als Kern des Fagion betrachten wir das Eu-Fagion (der Name Asperulo-Fagion ist in diesem Zusammenhang nicht brauchbar, weil darin das Querco-Carpinetum enthalten ist), welches die Eigenart des Fagion-Verbandes am reinsten verkörpert.

Zum Eu-Fagion gehört das Melico-Fagetum, das seinen Verbreitungsschwerpunkt im Weser-Bergland hat und von hier bis Belgien und Frankreich ausstrahlt, und das andererseits bis nach Schleswig-Holstein und Jütland und bis an die südliche Ostsee reicht, ja im südlichen Schweden (als Wiesen-Buchenwald der schwedischen Autoren) noch vorkommt. Das Melico-Fagetum wächst sowohl auf Kalk als auch auf basenreichen Silikatgesteinen und wird von reinen Buchenwäldern mit sehr reichem Unterwuchs aus Gräsern und Kräutern gebildet, in dem Melica uniflora eine entscheidende Rolle spielt. Moose fehlen fast ganz. In höheren Lagen wird diese Gesellschaft in Mittel-Europa durch Dentario-Fageten ersetzt mit Cardamine (Dentaria) bulbifera und anderen Dentarien als Charakterarten. Im französischen Zentralplateau und in den Pyrenäen gehört das Scillo-Fagetum in diese Gruppe. Auch im Apennin scheint eine weitere Eu-Fagion-Gesellschaft, die noch nicht genau abgegrenzt ist, zu wachsen, und offenbar gehört auch das artenreiche Fagetum croaticum in diesen Verband. Im Südosten Europas hat sich ein Reliktzentrum dieses Verbandes während der Eiszeit erhalten. Dort sind seine Gesellschaften am reichsten entwickelt, und dort konnten sie seit dem Tertiär ununterbrochen weiter leben, während unsere nordwesteuropäischen, also die schweizerischen, französischen, belgischen, englischen, deutschen, jütischen und schwedischen Buchenwälder und ebenso diejenigen der mitteleuropäischen Mittelgebirge floristisch viel ärmer sind.

Nahe verwandt mit dem Eu-Fagion ist das thermophile Cephalanthero-Fagion, das durch eine Reihe von Differentialarten vom Eu-Fagion unterschieden ist. Wir nennen als solche ausser den Cephalanthera-Arten C. alba, C. longifolia, C. rubra Epipactis microphylla, Buxus sempervirens, Ligustrum vulgare, Berberis vulgaris, Coronilla emerus, Sorbus torminalis, Quercus pubescens, Carex montana, C. alba, Aquilegia vulgaris, Melittis melissophyllum, Primula veris, Campanula persicifolia, Viola hirta u.a., die in Eu-Fagion-Gesellschaften kaum übergreifen.

Das Cephalanthero-Fagion ist in S- und SW-Europa weit verbreitet. Es wächst auf Sizilien und Korsika, in den n-spanischen Gebirgen und auch am Nordfuss der Pyrenäen, in den Sevennen und in der Schweiz und erstreckt sich nach N bis zum Teutoburger Wald und zum Wiehen- und Wesergebirge, im Nordwesten bis Belgien und N-Frankreich und

greift sogar nach England hinüber und fehlt auf der anderen Seite nicht an der Ostsee-Küste, z.B. auf Rügen. Auch im Südosten Europas dürfte es vorhanden sein.

Als Beispiele für Assoziationen dieses Unterverbandes nennen wir das mitteleuropäische Carici-Fagetum und das Buxo-Fagetum, das aus dem Südwesten Europas bekannt ist. Zweifellos werden noch andere Gesellschaften dieses Unterverbandes zu unterscheiden sein.

Diesen beiden ziemlich nahe verwandten Unterverbänden (von denen der erste subatlantisch-montane, der zweite submediterrane, thermophile Züge trägt) steht, sehr deutlich durch das Fehlen zahlreicher anspruchsvoller Arten unterschieden, ein dritter selbständiger Unterverband (Verband ?) gegenüber, der auf basenarmen sauren Gesteinen und Böden wächst, während die beiden ersten Unterverbände basische oder doch neutrale bis schwach saure Substrate bevorzugen. Er enthält eine grosse Zahl von Differentialarten, die den beiden vorigen Unterverbänden fehlen, oder nur in bestimmte Ausbildungen ihrer Assoziationen übergreifen. Dazu gehören in erster Linie Luzula luzuloides (nemorosa), aber auch andere Luzula-Arten wie Luzula nivea, L. forsteri und L. silvatica, sowie Deschampsia flexuosa, Calamagrostis arundinacea, Carex pilulifera und Vaccinium myrtillus und endlich Moose wie Polytrichum attenuatum, Dicranella heteromalla, Mnium hornum, Dicranum scoparium, mehrere Plagiothecium-Arten und auch einige Lebermoose und Cladonien. Dieser Verband ist ausserordentlich reich an Pilzen. Wir notierten im Laufe von 3 Jahren mehr als 250 Arten in 5 Beständen einer einzigen Subassoziation des Luzulo-Fagetum, die zusammen 21 Phanerogamen und 36 Moose und Flechten enthalten.

Assoziationen des Luzulo-Fagion sind das Blechno-Fagetum in Spanien, dem das Blechno-Abietetum in Kroatien gegenübersteht, das Luzulo-Fagetum, das in W- und Mittel-Europa von Belgien bis Mitteldeutschland und weiter nach O und von den norddeutschen Mittelgebirgen bis zum Fuss der Alpen vorkommt, und das Trientalis-Fagetum, das schon in Schleswig-Holstein und Jütland und häufiger auf sauren Gesteinen im südlichen Schweden wächst.

[1] Diese drei Unterverbände entwickeln ausser ihren in den einzelnen Gebieten vikariierenden Assoziationen sehr deutliche Höhenstufen, die in manchen Gebirgen durch das Auftreten der Tanne (Abies alba) gebildet werden, zu der sich Polygonatum verticillatum, Prenanthes purpurea und andere montane und subalpine Arten gesellen. Auch hier werden besondere Gesellschaften zu unterscheiden sein. Es ist verständlich, dass das Cephalanthero-Fagion im S Europas sehr viel weiter in die Höhe hinaufreicht, und dass andererseits in Mittel-Europa das Luzulo-Fagion weit verbreitet ist.

Der verschiedene Charakter der Unterverbände des Fagion zeigt sich auch in ihren Böden und in den Humusformen ihrer Waldgesellschaften. Das Cephalanthero-Fagion kommt auf kalkreichen Böden (vielfach auf Rendzinen mit Mull) vor. Das Eu-Fagion wächst vorwiegend auf eu- bis mesotrophen Braunerden, meidet aber auch Rendzinen nicht und hat ebenfalls ausgesprochenen Mullboden. Das Luzulo-Fagion dagegen wächst auf sauren Gesteinsböden, meso- bis oligotrophen Rankern und Braunerden und bildet Moder, der bei Degradation oder Aushagerung in Rohhumus übergehen kann.

Während das Cephalanthero-Fagion an das Quercion pubescentis und im n Teil seines Areals an thermophile Querco-Carpineten angrenzt und sich leicht mit ihnen verzahnt und sie durchdringt, geht das Luzulo-Fagion in tieferen Lagen in das Quercion robori-petraeae und in höheren in das Vaccinio-Piceion über. Das Eu-Fagion grenzt im Hügelland an das Fraxino-Carpinion, im höheren Mittelgebirge dagegen ebenfalls an das Vaccinio-Piceion.

Diese natürlichen Kontakte können durch menschliche Einwirkungen unmittelbar oder durch darauf folgende lokalklimatisch bedingte Aushagerungen zu Degradationen der Fagion- zu den angrenzenden Gesellschaften des Quercion petraeae-pubescentis, des Fraxino-Carpinion, des Quercion robori-petraeae und des Vaccinio-Piceion führen.

Auch die anthropogen bedingten Ersatzgesellschaften unserer drei Unterverbände des Fagion, die nach der Zerstörung der Wälder an ihre Stelle treten, sind ganz und gar verschieden. Die Böden des Cephalanthero-Fagion erweisen sich gegenüber dem Ackerbau am feindlichsten, so dass nach der Zerstörung des Waldes in der Regel Trockenrasen oder Strauchgesellschaften folgen. Die Böden des Eu-Fagion dagegen sind in tieferen Lagen ackerfähig und tragen zwischen den angebauten Feldfrüchten anspruchsvolle Unkrautgesellschaften. Bei Beweidung entstehen auch Bromion-Rasen. Das Luzulo-Fagion endlich macht Vaccinium- und Genista- oder Sarothamnus-Heiden Platz oder wird durch Fichten-Forsten ersetzt. Gelegentlich wird an seiner Stelle auch etwas Ackerbau getrieben. Sowohl im Bereich des Eu-Fagion als auch des Luzulo-Fagion kommen Weiden und Wiesen vor, die dem Nardo-Galion, dem Cynosurion oder dem Trisetion und in den tiefsten Lagen dem Arrhenatherion angehören.

Auch die Bewirtschaftungsweise der Wälder selbst erzeugt bezeichnende Ausbildungen. So verändern sich durch bestimmte Wirtschaftseinflüsse die Eu-Fagion-Gesellschaften in Richtung auf das Fraxino-Carpinion, die Luzulo-Fagion-Gesellschaften in Richtung auf das Quercion robori-petraeae und endlich die Cephalanthero-Fagion-Gesellschaften in Richtung auf das Quercion pubescentis, das Berberidion oder thermophile Querco-Carpineten.

Wenn wir auch in Übereinstimmung mit Moor im allgemeinen der Ansicht sind, dass das pflanzensoziologische System nicht unnötigerweise mit Unterverbänden belastet werden sollte, so glauben wir doch hier eine Ausnahme zulassen zu dürfen, weil die Unterschiede, ganz besonders des Luzulo-Fagion gegen die beiden anderen Einheiten, zu gross sind, um noch von einem einzigen Verband zusammengehalten zu werden.

Eigene Verbände aufzustellen, wie das (auch von uns) versucht worden ist, kann aber vielleicht doch nicht länger befürwortet werden, weil dann so wichtige bisherige Verbandscharakterarten wie Fagus silvatica, Abies alba, Festuca silvatica und Prenanthes purpurea u.a. zu Ordnungscharakterarten werden würden.

Keinesfalls können aber unsere Unterverbände, so z.B. das Eu-Fagion und das Luzulo-Fagion, zu verschiedenen Ordnungen gerechnet werden, wie das Scamoni und Passarge (1959) vorgeschlagen haben. Diese « Ordnungen » (Carpino-Fagetalia, Luzulo-Fagetalia) dürften kaum durch eigene Ordnungscharakterarten voneinander zu unterscheiden und damit als Ordnungen in unserem Sinne zu charakterisieren sein. Ebensowenig vermögen aber auch die Ordnungs-Charakter- und Differentialarten des Vorschlages von Doing Kraft und Westhoff zu überzeugen, weil sie weder ihren Einheiten treu noch durchgehend darin vorhanden sind. Es erübrigt sich daher, auf diese Vorschläge hier näher einzugehen.

Wenn sich gewisse Grundzüge in der Systematik des Fagion-Verbandes klarer abzuzeichnen beginnen, so bleibt doch noch viel zu tun übrig. Für die Weiterarbeit müssen einige Voraussetzungen gemacht werden. In der analytischen Arbeit sind hohe Anforderungen an die einzelnen Aufnahmen zu stellen, worauf nachdrücklich Lohmeyer und Trautmann (mdl.) auf Grund ihrer sehr ausgedehnten Geländeerfahrungen hinweisen. In systematisch auswertbare Übersichtstabellen sollten nur solche Aufnahmen aufgenommen werden, die aus möglichst natürlichen Wäldern stammen, d.h. aus solchen Beständen, die aus Naturverjüngung hervorgegangen sind und in denen nicht Niederwald- oder Mittelwald-Einflüsse des Eindringen fremder Holzarten und Gräser und Kräuter verursacht haben. Grundsätzlich sind also nur als Hochwälder bewirtschaftete Bestände für die Systematik heranzuziehen. Das verbürgt, dass wirklich reine Buchen- (Tannen-) Waldgesellschaften in die Übersichtstabellen gelangen. Diese Voraussetzung muss mit aller Strenge gehandhabt werden, wenn man saubere und klare Ergebnisse erstrebt. Die bisher verwendeten Aufnahmen erfüllen nicht immer diese Voraussetzungen und müssen sehr kritisch überprüft werden.

In der synthetischen Arbeit muss streng induktiv vorgegangen werden: Alle vorhandenen brauchbaren Aufnahmen von Buchen- (Tannen-)

Waldgesellschaften müssen zu einer Übersichts-Tabelle für das gesamte Gebiet der Buchen-Tannenwälder Europas vereinigt werden. Diese Tabelle muss in geographischer Ordnung gemacht werden. Dazu sind nach Möglichkeit alle brauchbaren Literatur- und alle greifbaren unveröffentlichten Tabellen zu verwenden, die in den Archiven der pflanzensoziologischen Institute ruhen oder im Besitz einzelner Autoren sind. Eine vollständige Kartei der Literatur- und der nicht veröffentlichten Tabellen ist kaum zu umgehen, um sie zu ordnen. Hand in Hand mit der Herstellung der europäischen Übersichts-Tabellen müssen alle Aufnahmen oder doch wenigstens die Untersuchungsgebiete in eine Karte Europas eingetragen werden, damit Zweifel bei Abgrenzungen, die aus der Tabelle nicht ganz klar hervorgehen, mit Hilfe der Karte entschieden werden können.

Diese Aufgaben, d.h. die Herstellung zahlreicher neuer Aufnahmen und örtlicher und regionaler Tabellen und ihre Synthese zu einer gesamten europäischen Übersicht, übersteigen selbst beim grössten Leistungsvermögen die Fähigkeit eines Einzelnen und sogar eines Institutes erheblich. Daher scheint die Zeit reif zu sein, einen Vorschlag unseres Kollegen Leopold Reichling in Luxemburg erneut aufzugreifen, eine systematische Neubearbeitung des Fagion auf induktivem Wege vorzunehmen, die nur durch internationale Zusammenarbeit erfolgen kann. Indem wir damit die alte seinerzeit bahnbrechende Idee Eduard Rübels fortführen, möchten wir ein erneutes internationales Symposion für die Systematik der europäischen Buchenwälder vorschlagen, wozu die Association Internationale de Phytosociologie (Internationale Vereinigung für Vegetationskunde) den gegebenen Rahmen darstellt.

Zunächst scheint es nötig einen Überblick zu gewinnen über die vorhandenen (veröffentlichten und als Manuskript vorliegenden) Aufnahmen und Tabellen von Buchen- (Tannen-) Waldgesellschaften aus den verschiedenen Ländern Europas. Eine solche « Bibliographie » nebst einer Karte könnte an die Pflanzensoziologen verteilt werden, die bereit wären, an dieser Gemeinschaftsarbeit zunächst in der Weise mitzuwirken, dass sie weitere Aufnahmen und Tabellen von Buchen-Waldgesellschaften, vor allem aus noch ungenügend bekannten Gebieten, gewinnen. Diese sollten baldmöglichst veröffentlicht oder nach Einsendung an noch zu findende Bearbeiter einzelner Länder zusammenfassend bearbeitet werden. Sie würden sich dann untereinander verständigen und ihre Ergebnisse während des Symposion bekanntgeben und zur Diskussion stellen.

So ist zu hoffen, dass auf diesem Wege in absehbarer Zeit eine allgemein annehmbare Systematik der europäischen Buchen- (Tannen-) Wälder, zunächst des Fagion-Verbandes im eigentlichen Sinne, gewonnen werden kann.

LITERATUR

Aichinger, E. Vegetationskunde der Karawanken. *Pflanzensoziologie*, 2. Jena 1933.

Doing Kraft, H. en Westhoff, V. De plaats van de Beuk (Fagus silvatica) in het Midden- en West-Europese bos. *21. Jaarb. Nederl. Dendrol. Vereniging*, 1956, 1957 en 1958. Wageningen 1959.

Hartmann, F. K. Waldgesellschaften der deutschen Mittelgebirge und des Hügellandes. *Umschaudienst Forschungsaussch. « Landschaftspflege und Landschaftsgestaltung» Akad. Raumforschung und Landesplanung.* Hannover 1953.

Horvat, I. Šumske zajednice jugoslavije. (Les associations forestières en Yougoslavie). *Inst. Šumarska istraživanja.* Zagreb 1950.

Klika, J. Nauka o rostlinných společenstvech (Fytocenologie). Praha 1955.

Moor, M. Zur Systematik der Fagetalia. *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, **48**. Bern 1938.

Id. Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. *Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz*, **31**. Bern 1952.

Id. Zur Systematik der Querco-Fagetea. *Mitt. Flor.-soz. Arb.-Gem.* N.F. **8**. Stolzenau/Weser 1960.

Noirfalise, A. et Galoux, A. Les étages de végétation dans l'Ardenne belge. *Centre Rech. écolog. et phytosoc. Gembloux*, **11**. Jette 1950.

Oberdorfer, E. Übersicht der süddeutschen Pflanzengesellschaften. *Beitr. naturk. Forsch. Südwestdeutschlands*, **12**. Karlsruhe 1956.

Id. Süddeutsche Pflanzengesellschaften. *Pflanzensoziologie*, **10**. Jena 1957.

Passarge, H. Waldgesellschaften NW-Mecklenburgs. *Arch. f. Forstwesen*, **9**, 6. Berlin 1960.

Rübel, E. Die Buchenwälder Europas. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich*, **8**. Bern und Berlin 1932.

Scamoni, A. Waldgesellschaften und Waldstandorte. 3. Aufl. Berlin 1960.

Id. und Passarge, H. Gedanken zu einer natürlichen Ordnung der Waldgesellschaften. *Arch. f. Forstwesen*, **8**, 5. Berlin 1959.

Tüxen, R. Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. *Mitt. Flor.-soz. Arb.-Gem.* N.F. **5**. Stolzenau/Weser 1955.

Id. Botanischer Garten Bremen. Wegweiser durch die pflanzensoziologisch-systematische Abteilung. Bremen (1956).

Id. und Oberdorfer, E. Eurosibirische Phanerogamen-Gesellschaften Spaniens. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich*, **32**. Bern 1958.

Vanden Berghen, C. Remarques au sujet de la systématique des hêtraies de l'Europe occidentale. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique*, **89**. Bruxelles 1957.

Zusammenfassung

Seitdem die Arbeit von E. Rübel im Jahre 1932 veröffentlicht wurde besitzt man zahlreiche phytosoziologische Schriften, welche die Buchenwälder und Buchen-Tannenwälder in Europa behandeln. Jedoch ist die Klassifizierung dieser Pflanzengesellschaften noch nicht geregelt. Nachdem der Autor die Entwicklung der Ideen auf diesem Gebiete kurz behandelt hat, schliesst er sich der Auffassung von M. Moor (1960) an, der diese in eine einzige Ordnung (*Fagetalia silvaticae*) und in einen einzigen Verband (*Fagion silvaticae*) zusammenfasst.

Man tut jedoch gut daran, das *Fagion* in drei Unterverbände, je nach den floristischen, pedologischen, geographischen und dynamischen merkmalen, einzuteilen.

Das *Eu-Fagion* bildet den eigentlichen Kern des *Fagion* und umfasst die vorwiegend auf braunen Mullböden stockenden Buchenwälder und Buchen-Tannen-wälder. Hierzu gehören das *Melico-Fagetum* im Hügel- und unteren Bergland und das *Dentario-Fagetum* im höheren Bergland Mitteleuropas, das *Scillo-Fagetum* des französischen Zentralmassivs und der Pyrenäen und bestimmte *Fageten* des Apennin und Kroatiens.

In Südoseuropa haben sich die Buchenwälder des *Eu-Fagion* seit dem Tertiär zu behaupten vermocht. Sie sind viel artenreicher als die verwandten Gesellschaften Mitteleuropas.

Das *Cephalanthero-Fagion* vereinigt die Buchenwälder mit wärmeliebender Flora auf kalkreichen Böden, wie das *Carici-Fagetum* Mitteleuropas und das *Buxo-Fagetum* Süd- und Südwesteuropas.

Zum *Luzulo-Fagion* gehören die Buchenwälder mit azidophilen Arten auf basenarmen Silikatböden : Es ist in Spanien durch das *Blechno-Fagetum* in Mitteleuropa durch das *Luzulo-Fagetum* und in Nordeuropa durch das *Trientalis-Fagetum* vertreten.

Durch menschliche Einflüsse, namentlich durch mittel- oder niederwald-artige Bewirtschaftung, können die Buchenwälder des *Eu-Fagion* in *Fraxino-Carpinion*, die des *Cephalanthero-Fagion* in *Quercion pubescentis-* und die des *Luzulo-Fagion* in *Quercion robori-petraeae*-Gesellschaften umgewandelt werden. Aus diesem Grunde muss man, um ein gültiges System der natürlichen Büchenwalder zu erreichen, nur Aufnahmen aus Hochwäldern verwenden, die aus Naturverjüngung hervorgegangen sind.

Eine grosse Vergleichsarbeit in europäischem Massstabe bleibt noch zu leisten. Der Autor, der eine Anregung von L. Reichling aufgreift, schlägt vor, dass sich ein internationales Symposion im Rahmen der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde mit dieser Frage befassen möge.

Sur la systématique des hêtraies de l'Europe occidentale et centrale

Résumé.

Depuis la synthèse publiée par E. Rübel (1932), on dispose d'une très nombreuse documentation phytosociologique sur les hêtraies et les hêtraies-sapinières de l'Europe. Cependant la systématique de ces végétations n'est pas encore au point. Après avoir rappelé l'évolution des idées dans ce domaine, l'auteur appuie les conceptions de M. Moor (1960) qui les groupe dans un seul ordre (*Fagetalia silvaticae*) et une seule alliance (*Fagion silvaticae*).

Il est cependant opportun de diviser le *Fagion* en trois sous-alliances, basées sur des arguments floristiques, pédologiques, géographiques et dynamiques.

L'*Eu-Fagion* constitue le noyau le mieux caractérisé du *Fagion* et groupe les hêtraies et les hêtraies-sapinières sur sols bruns mésotrophes à mull. C'est le cas du *Melico-Fagetum* submontagnard et du *Dentario-Fagetum* montagnard de l'Europe moyenne du *Scillo-Fagetum* du Massif Central et des Pyrénées, de la hêtraie des Apennins et de la Croatie. L'*Eu-Fagion* est repré-

senté dans le sud-est de l'Europe par des hêtraies qui ont pu subsister depuis le Tertiaire et sont beaucoup plus riches en espèces que les nôtres.

Le *Cephalanthero-Fagion* groupe des hêtraies à flore thermophile, sur sols calcaires rendzinoïdes, telles que le *Carici-Fagetum* de l'Europe moyenne et le *Buxo-Fagetum* du sud et du sud-ouest de l'Europe.

Le *Luzulo-Fagion* groupe des hêtraies à flore acidiphile, sur sols silicatés acides et pauvres. Il est représenté en Espagne par le *Blechno-Fagetum*, en Europe moyenne par le *Luzulo-Fagetum* et en Europe septentrionale par le *Trientalis-Fagetum*.

Le traitement en taillis et taillis sous futaie fait évoluer les hêtraies de l'*Eu-Fagion* vers le *Fraxino-Carpinion*, celles du *Chephalanthero-Fagion* vers des groupements du *Quercion pubescentis* et celles du *Luzulo-Fagion* vers des groupements du *Quercion*. C'est la raison pour laquelle, quand on veut établir un système valable des hêtraies naturelles, il est indispensable de n'utiliser que des relevés effectués en futaies, issues de régénérations naturelles.

Un important travail de comparaison reste à faire à l'échelle de l'Europe. Reprenant une suggestion de L. Reichling, l'auteur propose qu'un symposium international soit consacré à cette question, sous l'égide de l'Association internationale de phytosociologie.

About the Classification of beechwoods in Western and Central Europe

Summary.

Since E. Rübel's synthesis was published (1932), a very abundant phytosociological documentation on the beechwoods and beech-fir woods in Europe is available. However, the classification of those vegetations is not yet quite up to the mark. After recalling the development of opinions about the matter, the author enforces M. Moor's ideas grouping them in one single order (*Fagetalia silvaticae*) and one single alliance (*Fagion silvaticae*).

Yet, it is pertinent to divide the *Fagion* into three sub-alliances, based upon floristical, pedological, geographical and dynamical arguments.

The *Eu-Fagion* constitutes the best characterized core of the Fagion and comprises the beechwoods and beech-fir woods on mesotrophic brown soils with mull. It is the case for the sub-highland *Melico-Fagetum* and the highland *Dentario-Fagetum* of Middle Europe, for the *Scillo-Fagetum* of the Massif Central and the Pyrenees, for the beechwoods of the Apennines and of Croatia. The *Eu-Fagion* is represented in South-Eastern Europe by beechwoods having held good since the Tertiary, and including many more species than ours. The *Cephalanthero-Fagion* is composed of the beech woods with a thermophile flora, on rendzinoid calcareous soils, such as the *Carici-Fagetum* of Middle Europe, and the *Buxo-Fagetum* of Southern and South-Western Europe.

The *Luzulo-Fagion* comprises beechwoods with acidophile flora on acid and poor silicated soils. It is represented in Spain by the *Blechno-Fagetum*, in Middle Europe by the *Luzulo-Fagetum*, and in Northern Europe by the *Trientalis-Fagetum*.

The system of coppice and coppice with standards causes the beechwoods

of the *Eu-Fagion* to develop towards the *Fraxinio-Carpinion*, those of the *Cephalanthero-Fagion* towards the groups of the *Quercion pubescentis*, and those of the *Luzulo-Fagion* towards the groups of the *Quercion*. For this reason, whenever a valid system of natural beechwoods is to be established, it is indispensable to only make use of records of full-grown stands issued from natural regeneration.

An important comparison survey remains to be worked out on a European scale. Taking up a suggestion made by L. Reichling, the author proposes an international symposium on the question to be organized by the International Society for Plant Geography and Teology.

Les sols de la hêtraie en Europe occidentale

par M. Bonneau et Ph. Duchaufour
École Nationale des Eaux et Forêts, Nancy (France)

I. — Introduction. Qu'entendons-nous par hêtraie?

Le « Fagion », tel que l'entend Braun-Blanquet, se limite aux aires où le hêtre est répandu naturellement avec une certaine abondance. C'est, dans cette acception, un ensemble d'associations allant de l'étage montagnard moyen à l'étage montagnard supérieur et dans lesquelles le hêtre est mélangé le plus souvent au sapin et à l'érable sycomore. Mais, en dehors de ces zones, il existe également à l'état naturel sur de vastes surfaces, dans les plaines à climat humide de l'Europe occidentale. C'est le cas, en France par exemple, de la plaine et des plateaux lorrains (forêt de Haye) et des forêts de Normandie (forêts d'Eu, d'Eawy, de Lyons...), où le hêtre est plus ou moins mélangé au chêne et au charme. Nous inclurons donc ces chênaies-hêtraies dans l'étude des sols de la hêtraie occidentale, au même titre que les hêtraies de montagne.

II. — Influence des conditions édaphiques sur la répartition du hêtre

La hêtraie de l'Europe occidentale, ainsi définie, occupe des roches-mères aux propriétés très variées, qu'il s'agisse de la richesse en bases ou de l'économie de l'eau.

Dans les Vosges et dans la Forêt Noire, ainsi que dans le Massif Central, la hêtraie de l'étage montagnard occupe une grande partie des zones granitiques. Ces granits sont presque toujours pauvres en bases, mais assurent une alimentation en eau suffisante. La pluviosité et la nébulosité y sont d'ailleurs importantes. Le hêtre, quelle que soit l'exposition, y est toujours largement répandu et ce sont les opérations sylvicoles qui limitent son extension.

Dans les Basses-Vosges françaises, en Forêt Noire et au Luxembourg, les grès du trias inférieur forment aussi une aire de grande extension du hêtre. Ils comprennent les grès grossiers, très filtrants et très acides, du werfénien inférieur (grès vosgien) et les grès plus argileux du wer-

fénien supérieur (grès intermédiaire et grès bigarré), moins pauvres et moins secs. Mais le hêtre n'est pas également abondant sur ces deux types de grès : alors qu'il peut former des peuplements presque purs sur les grès bigarré et intermédiaire, il n'existe sur le grès vosgien qu'à l'état disséminé dans la sapinière ; sur les versants sud, à xérophilie marquée, sur les grès les plus grossiers, le hêtre est même tout à fait à sa limite climatique. L'exemple suivant, pris dans la région de Bitche, en France, illustre bien ceci : sur un flanc de vallon exposé au sud, se succèdent, du haut en bas, le muschelkalk, le grès bigarré et le grès vosgien ; alors que la hêtraie croît normalement sur le haut du versant où affleure le muschelkalk et sur le grès bigarré qui occupe déjà le versant sud, c'est une pineraie qui occupe le bas du versant sur grès vosgien : le hêtre n'y est plus présent qu'en sous-étage et ne dépasse pas quelques mètres de haut (forêt domaniale de Lemberg).

Les forêts de l'Ardenne belge et française (forêts de St-Michel, de St-Hubert en Belgique, de Sedan en France) nous donnent l'exemple de hêtraies très largement étendues sur schistes et quartzites du dévonien. Il s'agit là aussi de roches-mères acides, soumises à un climat froid et humide. Les études des auteurs belges montrent que, dans cette région également, les expositions sud correspondent aux hêtraies les moins productives.

La hêtraie occupe aussi de très vastes surfaces sur les affleurements calcaires de différents âges : calcaire jurassique dans le Jura souabe en Allemagne, calcaire jurassique et crétacé dans le Jura suisse, le Jura français et les Alpes. En dehors de son aire montagnarde, le hêtre occupe également des surfaces appréciables sur les étages calcaires de l'Est de la France (calcaire bajocien en forêt de Haye, calcaires lusitanien et portlandien du Barrois), où il tend même à s'étendre aux dépens du chêne. Dans le centre de la France où il se trouve à la limite climatique de son aire, le hêtre manifeste même une tendance à se localiser exclusivement sur les terrains calcaires, où la richesse du sol compense la sécheresse plus accusée du climat.

Dans l'ouest de la France existent également de vastes forêts de hêtre sur l'argile à silex, produit de décomposition plus ou moins remanié des étages crayeux du crétacé supérieur. Quoique dérivant de niveaux calcaires, cette formation est acide et présente le plus souvent en surface un faciès sableux surmontant un niveau riche en argile et peu perméable. Une grande partie des hêtraies de Normandie appartient à ce type (forêts d'Arques, d'Eawy, de Lyons).

Enfin le limon des plateaux a recouvert au quaternaire de vastes surfaces de l'Europe occidentale. Largement déblayé par l'érosion, il subsiste encore souvent et a été le plus souvent colonisé par l'agriculture,

mais les îlots les moins importants, disséminés sur des roches-mères moins fertiles, sont restés couverts par la forêt. Les hêtraies de l'Allemagne occidentale, de l'Ardenne, de Normandie, reposent en partie sur ces placages de limon des plateaux.

Cette rapide revue des localisations les plus fréquentes de la hêtraie nous montre que le hêtre s'accommode de roches-mères très variées. Bien que sa qualité et sa croissance diffèrent beaucoup suivant la richesse de ces formations géologiques, on voit que, dans sa localisation, il est assez indifférent à l'abondance des bases et au pH puisqu'on le trouve aussi bien sur des substratums très acides que sur du calcaire ; la perméabilité de la roche-mère et l'exposition semblent par contre jouer un rôle dans sa répartition : s'il existe dans des stations nettement sèches telles que les calcaires du Jura à exposition sud, ou dans des stations où le sol est fréquemment gorgé d'eau à certaines saisons comme certaines argiles à silex ou les limons très fins, nous avons vu qu'un excès de sécheresse limite son extension (grès vosgien à exposition sud). Inversement, il disparaît des sols à stagnogley et tourbières de montagne et des sols à gley ou pseudogley superficiels : ainsi, dans les forêts de l'Argonne, il est largement répandu sur les plateaux et les pentes de gaize, mais disparaît dans le fond des vallons où la proximité des couches argileuses de transition entre la gaize et le gault entraîne des conditions d'hydromorphie très marquées. De même, sur les calcaires marneux de l'Est de la France (muschelkalk, calcaire ocreux, calcaire bleu à gryphée), le hêtre n'existe pas ; il reste limité aux calcaires fissurés.

III. — Influence de la hêtraie sur l'évolution du sol

La propriété dominante de la feuille de hêtre est la lenteur de sa décomposition. Richard (1945) l'a étudiée dans différents milieux naturels, en comparaison avec la décomposition de la litière d'autres feuillus. De toutes les essences étudiées, c'est le hêtre qui se décompose le plus lentement. En sol neutre à mull, donc dans les conditions les plus favorables, la décomposition n'est complète qu'au bout d'un an, alors que la feuille de charme a complètement disparu au bout de sept mois. En milieu acide, sur sol faiblement podzolique, le taux de décomposition au bout d'un an n'est que de 30 %, contre 90 % pour le charme et pratiquement nul pendant les dix premiers mois. Ces résultats ont été confirmés par Lossaint (1959), qui trouve que la décomposition de la litière de hêtre est aussi lente que celle du pin ou de l'épicéa.

Une autre propriété remarquable de la litière de hêtre est la forte variation de sa teneur en calcium suivant la roche-mère. Rühl (1957)

a trouvé des teneurs extrêmes de 0,75 % sur sable podzolique et 4,02 % sur rendzine ; les teneurs moyennes sur sol calcaire sont deux fois plus fortes que sur sol acide. La teneur en azote au contraire varie peu avec le milieu, le C/N étant de l'ordre de 40 pour la feuille fraîchement tombée.

Cette forte différence de la teneur en calcium, combinée à la lenteur de décomposition, explique que l'humus des hêtraies soit très différent suivant les stations. Sur roche-mère pauvre en bases, les feuilles peuvent s'accumuler jusqu'à former un mor typique de plusieurs centimètres d'épaisseur, surtout lorsque le hêtre est pur ; associé à d'autres essences, chêne et même sapin, la décomposition est meilleure. Au contraire, sur sol calcaire ou lorsqu'il y a en profondeur une couche riche en calcium et accessible aux racines, la litière ramène à la surface, grâce à la consommation de luxe importante signalée ci-dessus, suffisamment de calcium pour activer la vie biologique. Dans ces conditions, les feuilles se décomposent facilement, l'humification est active et l'humus formé est un mull. Cette évolution favorable de l'humus est encore favorisée par l'abondance, sur de telles stations, du chêne et surtout du charme, en mélange avec le hêtre.

L'évolution de la litière vers un mull ou vers un mor exerce évidemment une influence de premier ordre sur la pédogénèse sous la hêtraie. De nombreuses observations montrent que le mor de hêtre entraîne une podzolisation très nette. Cependant, les produits hydrosolubles formés pendant la décomposition de la feuille de hêtre sont beaucoup moins abondants et complexent beaucoup moins facilement le fer, à poids égal de litière, que ceux qui proviennent des feuilles de charme ou de chêne (Lossaint, 1959). Mais cette donnée, à première vue paradoxale, doit être corrigée par la considération de la quantité de matière végétale en décomposition qui est évidemment d'autant plus forte que la décomposition est plus lente, donc particulièrement importante dans les hêtraies de sols acides. Ainsi, la quantité de fer complexé peut être bien plus grande que dans des forêts de chêne ou de charme, où la litière ne s'accumule pas et où l'activité biologique détruit rapidement les matières hydrosolubles par décomposition ou polymérisation (Duchaufour, 1951, 1957, 1959). Ajoutons à cela que, d'après Coulson (1960), la feuille de hêtre verte serait particulièrement riche en polyphénols susceptibles d'être entraînés par les eaux de pluies avant même la chute de la feuille, de s'infiltrer dans le sol et d'entraîner le fer. La richesse en calcium joue également un rôle de premier plan, le fer étant d'autant plus facilement complexé que cet élément est moins abondant (Lossaint, 1959).

Sur sols acides, deux facteurs agissent donc concurremment pour

entraîner une évolution rapide dans le sens de la podzolisation : lenteur de la décomposition et forte accumulation de la litière d'une part, absence d'ions calcium d'autre part. Sur roche-mère riche en bases au contraire, la litière reste peu abondante et libère donc peu de substances hydrosolubles qui, de plus, disparaissent avant leur migration, tandis que le fer est stabilisé par l'abondance des ions Ca^{++}. Sur substratum riche en bases, le sol de la hêtraie reste donc un sol brun ou un sol lessivé, alors qu'il se dégrade très rapidement par podzolisation sur roche acide, lorsque le hêtre est à l'état pur. Sur les roches-mères peu perméables, mobilisation, transport et précipitation du fer ne peuvent s'exercer verticalement et restent localisés dans l'ensemble du profil ; la podzolisation est remplacée par la marmorisation.

Cette influence podzolisante du hêtre, longtemps donné comme essence améliorante, est un phénomène assez original pour qu'on attribue aujourd'hui au hêtre une place tout à fait à part parmi les essences des forêts à feuilles caduques et pour qu'on soit amené, en ce qui concerne son action sur l'évolution du sol, à le rapprocher davantage des résineux que des feuillus.

IV. — Les types de sols de hêtraie et leur évolution

1°) Roche-mère dure et acide, en montagne.

Sur grès, schistes ou granits, en montagne et tant que la forêt reste en bon état, c'est-à-dire suffisamment fermée, les sols décrits dans la généralité des cas sont des sols peu évolués à mull acide. Nous pouvons donner les exemples suivants :

— Forêt des Trois-Bois en France (Jacamon, Mormiche, 1958), sur grès bigarré du trias : le sol est un sol brun lessivé typique. La litière y est peu épaisse ; l'horizon A_1, épais d'une dizaine de centimètres, est assez riche en matière organique (5,3 %), à structure grumeleuse. Le C/N est de 13, donc très peu élevé, le pH est nettement acide (4,8). On a donc bien affaire à un mull acide. Il existe un horizon A_2 peu décoloré, peu épais, surmontant un horizon B plus rouge et plus compact. Mais l'indice d'entraînement du fer reste inférieur à 2, ce qui fait classer ce sol dans les bruns lessivés.

— Les forêts de l'Ardenne belge, étudiées en détail par de nombreux auteurs (Manil, 1953 ; Noirfalise, 1956 ; Avril et Pecrot, 1954), nous fournissent d'excellents exemples de sols de hêtraie sur quartzites, schistes ou phyllades. Ainsi Manil décrit sur un versant nord, à pente de 30 %, sur un substratum formé de produits d'altération de schistes et phyllades mélangés de limon, un sol brun forestier peu développé

comprenant un horizon A_1 grumeleux, un horizon A_2 légèrement infiltré d'humus, à la partie supérieure, un horizon (B) plus argileux mais peu distinct et sporadique. Dans l'horizon A_1, le pH est de 4,5, le C/N de 12,5. Il s'agit donc là d'un sol brun forestier acide.

Ces deux exemples, choisis parmi de nombreuses observations concordantes, tendent donc à montrer que le sol climacique de la hêtraie sur roche-mère acide est un sol brun acide ou, au maximum, un sol brun lessivé. Cependant, dans le premier exemple choisi, le taux relativement élevé d'argile (20 %) est un facteur susceptible de ralentir l'évolution. De même, dans l'Ardenne belge, la pente peut intervenir comme facteur de rajeunissement, car les sols bruns sur roches dures acides sont, la plupart du temps, localisés sur les pentes, les plateaux restant couverts d'une couche importante de limon.

On peut donc se demander si, dans d'autres cas, même sous forêt non dégradée, le sol n'est pas susceptible d'une évolution plus poussée. Sous ce rapport, les quelques exemples suivants sont intéressants à considérer :

— Dans les Hautes-Vosges, sur granit à exposition ouest, le sol sous une hêtraie à érable sycomore, qui n'a pratiquement jamais été exploitée, est un sol à mull hydromorphe, mais l'horizon (B) présente une couleur rouille plus vive que celle des sols bruns typiques sur granit. Il s'agit d'un sol brun ocreux, du type décrit par Manil, intermédiaire entre un sol brun acide et un sol ocre podzolique.

— Dans l'Argonne, nous avons pu examiner récemment des sols de plateau sur gaize, grès très fin et très riche en silice. Dans les stations de hêtre pur, d'où le charme est absent, les deux sols étudiés sont indiscutablement évolués dans le sens podzolique ; l'humus n'est plus un mull, mais un moder typique. Il existe un horizon A_2 peu épais (8 à 10 cm), mais nettement blanchi et presque cendreux dans l'un des deux cas ; les horizons sous-jacents montrent nettement des phénomènes d'entraînement de matière organique et de fer : dans un cas, il s'agit d'un horizon B brun violacé, peu épais, encore à son début de formation, mais très distinct ; le second sol reste de couleur générale claire sous l'horizon A_2, mais comporte de nombreuses inclusions rouille-brun d'humus et de fer, entourées d'une zone blanchie. Pourtant, dans ces stations, la forêt est une hêtraie complète, fermée et ne laisse pas supposer de dégradation antérieure.

Faute de connaître exactement l'histoire de ces forêts et étant donnés les caractères très particuliers de la gaize, il est évidemment difficile

d'être affirmatif, mais ces deux exemples permettent cependant d'émettre valablement l'hypothèse que les sols climax de hêtraie, sur roche-mère filtrante et acide et lorsque le hêtre est à l'état pur, peuvent être beaucoup plus évolués dans le sens de la podzolisation que les sols correspondants de chênaie.

Cette tendance podzolique s'accentue très nettement dès que la forêt se dégrade. Ce cas est fréquent et bien étudié dans l'Ardenne belge, sur les versants sud occupés par une hêtraie claire à myrtille, mélangée de chêne et sans régénération. Le sol est alors un sol ocre podzolique, l'horizon A_1 est surmonté d'un humus brut de plusieurs centimètres et on note souvent l'existence, à la partie supérieure de l'horizon B ocre-rouille, des minces horizons A_2 et B d'un micropodzol (Manil, 1953). Le pH de l'horizon A_1 est un peu inférieur à 4, avec un C/N de l'ordre de 20. La dégradation est ici la conséquence de l'exposition plus chaude, de l'évaporation plus intense, qui entraînent des phases de dessèchement freinant la décomposition, déjà lente, de la litière et entravant la vie biologique.

Il semble que, sous hêtraie, la dégradation se limite au stade podzolique et n'aille jamais jusqu'au podzol. D'ailleurs, à ce stade ultime, le hêtre céderait la place au chêne et au bouleau. D'après Pecrot et Avril, ces sols ocre podzoliques seraient en équilibre avec le peuplement clair de hêtre et pourraient être considérés dans ces stations comme des sols climaciques.

2°) Roche-mère calcaire.

Les roches-mères calcaires peuvent avoir des faciès superficiels très différents : couche d'argile de décalcification plus ou moins épaisse (appelée souvent *terra fusca*), éboulis de cailloux calcaires sur les pentes, mélange intime de petits graviers calcaires et d'argile résultant de phénomènes de cryoturbation et de solifluction (grouine), ou même roche-mère à nu. Suivant la formation qui leur a donné naissance et selon l'exposition, les sols sont évidemment très différents mais toujours presque saturés en calcium.

— *Sur terra fusca* (exemple : forêt de Haye sur calcaire bajocien), les sols sont des sols bruns à mull calcique ou des rendzines brunifiées. La décomposition des feuilles de hêtre dans ces stations est à son optimum. Il n'y a qu'une couche de litière de 1 à 2 cm, constituée uniquement de feuilles de l'année. L'horizon A_1, de 10 à 15 cm d'épaisseur et moyennement riche en matière organique (5 %), est un mull à gros grumeaux, plus ou moins anguleux, à cause de la richesse en argile. Le pH est voisin de la neutralité (6,5 à 7,5) et le rapport C/N est

faible (10 à 12). L'horizon (B) sous-jacent est brun, à structure polyédrique, d'épaisseur variable avec celle de la couverture de *terra fusca*, et contient peu de cailloux. Le pH est légèrement acide (5,5) s'il s'agit d'un sol brun complètement décalcifié, ou légèrement alcalin s'il s'agit d'une rendzine brunifiée contenant encore un peu de calcaire. Malgré une forte teneur en argile (40 %), ces sols ne présentent aucune trace de marmorisation, du fait de la présence à faible profondeur de calcaire perméable.

La qualité forestière de tels sols est fonction avant tout de l'épaisseur utilisable par le système radiculaire. La roche-mère calcaire sous-jacente contient fréquemment d'énormes poches de dissolution remplies d'argile de décalcification, où les hêtres trouvent à enfoncer leurs racines à plusieurs mètres. Lorsque ces poches existent ou lorsque le manteau de *terra fusca* est épais, ces sols bruns constituent probablement les meilleurs sols de hêtraie. Au contraire, lorsque le calcaire forme une dalle continue non fissurée, proche de la surface, le peuplement reste médiocre : dans les cas limites (dalle de calcaire à polypier très superficielle), le hêtre disparaît et est remplacé par le chêne pédonculé.

— *Sur colluvium calcaire ou sur grouine en station assez humide.* Le sol constamment remanié par l'érosion est une rendzine forestière typique, à horizon A_1 grumeleux et noir de plusieurs dizaines de centimètres d'épaisseur et dont la teneur en matière organique très élevée en surface (10 à 15 %) diminue progressivement en profondeur. Le pH dépasse la neutralité et croît avec la profondeur. De tels sols, malgré une perméabilité exagérée, sont également, parce qu'ils reposent sur substratum très divisé et profond facilement pénétrable par les racines, d'excellents sols pour la culture du hêtre.

— *En montagne, sur colluvium et éboulis calcaire*, les sols de hêtraie deviennent des sols humiques carbonatés très caractéristiques. De tels sols, décrits et étudiés par les pédologues suisses (Moor, 1952), sont fréquents dans le Jura et dans les Alpes. L'humus n'est plus un mull typique comme dans les types précédents, mais un mull-moder calcique, comprenant un horizon A_0 très noir, de quelques centimètres, presqu' exclusivement formé de matière organique (plus de 30 %) et à C/N dépassant 15. Mais le pH reste au-dessus de 7. Cet horizon surmonte un horizon A_1, plus grumeleux, épais, moins riche en matière organique et à C/N un peu plus faible, rappelant l'horizon A_1 des rendzines. On constate souvent, à la partie inférieure de cet horizon, une accumulation de fine poudre blanche de carbonate de chaux,

dissous dans les horizons supérieurs et reprécipité en profondeur. Dans de telles conditions de roche-mère et de climat général, le hêtre arrive à se maintenir dans les stations les plus sèches, aux expositions sud : la hêtraie est alors une hêtraie xérophile à *Carex alba* ou *Sesleria coerulea*, ces plantes marquant le microclimat sec et il est remarquable que le hêtre, dans ces stations qui sont les plus xérophiles de son aire, soit localisé exclusivement sur calcaire. On le trouve même dans des stations plus sèches encore (environs de St-Jean de Maurienne par exemple) à la limite de la chênaie pubescente, en compagnie de plantes extrêmement xérophiles telles que *Geranium sanguineum* et même *Stipa pennata* ; mais là encore il est installé sur substratum calcaire, le sol restant un sol humique carbonaté.

Dégradation. Sur roche-mère calcaire, le calcium rend les sols résistants à la dégradation chimique ; lorsque la hêtraie devient trop claire, l'évolution se fait plutôt dans le sens d'un rajeunissement par érosion. Les sols bruns calcimorphes évoluent alors vers des rendzines superficielles sur les calcaires tendres, tandis que sur calcaire dur le sol brun devient de plus en plus mince, pour aboutir à un véritable lithosol.

3°) Sur limon plus ou moins décalcifié.

D'après les auteurs belges, la plupart des plateaux de l'Ardenne sont recouverts d'une couche épaisse d'un limon décarbonaté constitué d'un mélange d'éléments d'origine éolienne et de fins débris rocheux provenant du substratum primaire. La partie inférieure de cette couche montre des traces de solifluction. Les sols décrits par Manil, Pecrot et Avril sur cette roche-mère sont des sols bruns acides. L'horizon A_1 à structure grumeleuse fine est nettement acide (pH : 4,5), l'horizon A_2 non décoloré garde également une structure en grumeaux, tandis que l'horizon (B), peu enrichi en argile, possède une structure polyédrique. Sous ces horizons, la couche solifluée, de couleur plus rouge, montre les traces de l'action d'un climat antérieur plus chaud. Elle est fréquemment durcie en un horizon plus riche en fer libre que les horizons supérieurs, compact, peu perméable et parcouru par un réseau de fentes verticales colmatées de limon. Les auteurs belges l'appellent « horizon induré » et l'assimilent au « frangipan » décrit par les auteurs américains.

En forêt de Soignes, dans des zones soumises depuis 200 ans à la monoculture du hêtre, Dudal (1953) et auparavant Manil (1953) et Galoux (1953), ont décrit, non pas des sols bruns acides, mais des sols podzoliques. L'humus est un mor peu épais. La podzolisation se traduit, le plus souvent, par la formation d'un podzol superficiel avec horizon A_2 blanchi et mince horizon B d'accumulation ferrique. Dans

d'autres cas, le profil prend au contraire un aspect tacheté, avec dépôt sur les faces des éléments structuraux de « poudre siliceuse » et « d'enduits roussâtres » : il semble qu'il s'agisse là d'un phénomène de marmorisation. D'ailleurs, Dudal note que, lorsqu'il existe en profondeur un horizon induré, le sol se dégrade par formation d'un pseudogley, mais il ne semble pas cependant que la formation de l'horizon induré soit une conséquence de la podzolisation ; Pecrot et Avril, en effet, n'y trouvent pas d'augmentation appréciable de l'alumine et de la silice, par rapport aux horizons supérieurs. La dégradation de sols de hêtraie sur limon en sols marmorisés en profondeur est également connue en France dans la forêt de Chaux (Doubs). Sur ces limons pauvres en bases, la litière de hêtre paraît donc responsable de la formation de sols podzoliques plus ou moins marmorisés. On ne peut manquer de faire le rapprochement entre ces observations et celles que nous avons signalées dans les hêtraies de l'Argonne, ainsi que celles de Moosmayer dans le Jura souabe (1957). Les phénomènes paraissent être très voisins et démontrent parfaitement l'influence podzolisante du hêtre, même en forêt pleine et non dégradée.

4°) Sur roche sédimentaire sableuse en surface (argile a silex).

Nous insisterons peu sur ces sols qui sont très semblables aux sols décrits sur limon. L'humus est en général un mull, mais étant donnée la perméabilité des couches supérieures de la roche-mère, ce sont plutôt des sols lessivés que des sols bruns. On remarque, également par endroits (forêt d'Harcourt), dans des zones de hêtre pur, l'apparition de sols podzoliques plus ou moins développés.

Conclusion

Nous essayerons, en conclusion, de dégager ce qui peut apparaître de plus frappant dans les divers types de sols de hêtraie que nous venons de passer en revue.

Un fait s'impose nettement, d'importance capitale pour la sylviculture : à moins que la roche-mère ne soit très bien pourvue en bases, le sol peut indiscutablement se podzoliser ou se marmoriser sous la hêtraie pure. Peut-on parler de dégradation au sens strict ? Oui si l'on admet que la forêt climax est une hêtraie largement mélangée d'autres essences dont la litière, faite de débris végétaux variés, se décompose mieux ; les peuplements purs de hêtre obtenus par les sylviculteurs constituent alors une dégradation de ce climax, qui s'accompagne d'une dégradation parallèle du sol. A ce propos, il est intéressant de noter qu'il existe au Canada des phénomènes similaires. Lorsque l'éra-

blière, qui constitue la forêt climax dans la région du St-Laurent, subit une coupe trop brutale, elle est remplacée par un peuplement pur de *Fagus grandifolia*. Et c'est précisément sous ce peuplement que se trouvent les podzols de cette région.

Ce début de podzolisation constitue l'amorce d'une perte de fertilité du sol forestier. Cette perte est d'autant plus grave qu'elle ne concerne pas seulement les bases, éléments essentiels à la nutrition de l'arbre, mais qu'elle s'accompagne aussi d'une destruction de l'argile, qui en est le support naturel et qui en maintient les réserves à portée des racines. Sans doute ces phénomènes de podzolisation sont-ils peu accentués et, dans l'ensemble des hêtraies de l'Europe occidentale, peu fréquents. Mais il y a là, à une époque où l'on tend à pratiquer une sylviculture de plus en plus intensive, proche d'une vraie culture, un avertissement à prendre en considération. Quels sont les remèdes possibles à cette situation ? Dudal, dans son étude sur la forêt de Soignes, suggère l'emploi des engrais calciques ; il est incontestable que la décomposition de la feuille de hêtre en serait activée, surtout si leur apport s'accompagne d'un travail superficiel de la litière. Citons, à cet égard, une expérience réalisée en Allemagne et rapportée par Wittich (1952) : des hêtres semés il y a 40 ans sur une parcelle chaulée ont encore aujourd'hui une litière deux fois plus riche en calcium que ceux des parcelles témoins. Dans ces dernières, l'humus est un mor, tandis que celui des parcelles chaulées est un mull. Mais Dudal ne conçoit ce remède artificiel que comme un appoint à une méthode biologique qui s'efforcerait de maintenir une hêtraie mélangée d'essences améliorantes. En tant que pédologues et forestiers français, nous ne pouvons que souscrire pleinement à ce point de vue, en ajoutant qu'il existe certainement un régime d'éclaircies, une densité optima des peuplements qui, en apportant au sol une lumière et une chaleur suffisantes sans être excessives, favorisent le maintien d'un humus en bon état de décomposition et d'activité.

Une autre remarque s'impose : nous avons vu que les sols calcaires constituaient, sous certaines conditions, d'excellents sols de culture du hêtre et qu'on ne risque pas là de dégradation. Nous avons même vu que cette essence supportait sur de tels sols un climat local et un microclimat du sol étonnamment secs, pour une espèce par ailleurs largement répandue sous des climats frais et humides. Il y a sans doute là un domaine possible d'extension de la hêtraie, qui contribuerait à la mise en valeur de ces sols souvent délaissés aujourd'hui, en France tout au moins, par une essence qui leur est bien adaptée et dont la place reste importante dans l'économie forestière moderne.

BIBLIOGRAPHIE

Coulson, C. B. Davies, R. I. et Lewis D. A. Polyphenols in plant, humus, and soil. *The Journ. of Soil Sci.*, **11**, 1, mars 1960, p. 20-44.

Duchaufour, Ph. Le Hêtre est-il une essence améliorante ? *Rev. Eaux et Forêts*, déc. 1947, p. 729-737.

Duchaufour, Ph. Lessivage et podzolisation. *Rev. for. franç.*, oct. 1951, p. 647-652.

Duchaufour, Ph. Sur le rôle de la matière organique dans les phènomènes de lessivage et de podzolisation. *C.R. AC. Sc.*, **245**, sept. 1957, p. 1154-1157.

Duchaufour, Ph. La dynamique du sol forestier en climat atlantique. *Les Presses Univ. Laval.* Québec 1959, 72 p.

Dudal, R. Étude morphologique et génétique d'une séquence de sols sur limon loessique. *Agric.*, Bruxelles, **1**, 2e série, 2, oct. 1953, p. 119-163.

Galoux, A. Le Hêtre et la dégradation des sols forestiers loessiques. *Bull. de la Soc. Royale Forest. de Belgique*, **5**, mai 1953, p. 225-235.

Jacamon, M. et Mormiche, A. Une étude pédologique et botanique en liaison avec celle des types de peuplements. *Rev. for. franç.*, fév. 1958, p. 81-94.

Lossaint, P. Étude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. Thèse. *Ann. Agr.* **4**, p. 369-414 et **5**, p. 493-542, 1959.

Manil, G. Collin, E. Évrard, R. Gruber, R. Les sols forestiers de l'Ardenne — Le plateau de St-Hubert Nassogne (1re étude). *Bull. Inst. Agron. de Gembloux*, XXI,3-4, 1953, p. 43-68.

Moor, M. Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. *Pflanzengeograph. Komm. der schweiz. Naturforschenden Gesellschaft.* Verlag H. Huber, Bern 1952, 201 p.

Moosmayer, H. U. Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb. *Mitt. des Vereins f. forstl. Standortskunde und Forstpflanzenzüchtung*, **7**, déc. 1957.

Noirfalise, A. La Hêtraie ardennaise. *Bull. Inst. Agron. de Gembloux*, XXIV, 2, 1956, p. 208-239.

Pecrot, A. et Avril, P. Les sols ardennais. Étude morphologique et génétique des sols bruns acides et des sols podzoliques de St-Hubert. *Bull. Inst. Agron. de Gembloux*, XXII, 1-2, 1954.

Richard, F. Der biologische Abbau von Zellulose- und Eiweiss-Testschnüren im Boden von Wald- und Rasengesellschaften. *Mitt. d. Schweiz.. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw.*, XXIV, 1, 1945, p. 295-397.

Rühl, A. Eine Auswertung von Streuanalysen aus norddeutschen Mittelgebirgen. *Forstwissenschaftl. Centralblatt*, 11/12, nov.-déc. 1957, p. 364-376.

Wittich, W. Der heutige Stand unseres Wissens vom Humus und neue Wege zur Lösung des Rohhumusproblems im Walde. *Schriftenreihe der forstl. Fak. der Univ. Göttingen*, **4**, J.D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt a/Main 1952, 106 p.

Résumé.

I. — Introduction : Qu'entendons-nous par hêtraie ?

Nous prendrons le mot « hêtraie » non seulement dans son acception la plus stricte, hêtraie typique de montagne (où le hêtre est plus ou moins mélangé à d'autres essences, telles que le sapin), mais aussi dans son sens large hêtraie-chênaie des plaines, à climat humide, du Nord-Est de la France.

II. — Influence des conditions édaphiques sur la répartition du hêtre.

On trouve des hêtraies sur des roches-mères très variées : granits, schistes, calcaires, limons, argile à silex, etc... Il supporte l'acidité aussi bien que l'alcalinité, il tolère un certain degré de xérophilie au même titre qu'un caractère d'hydromorphie plus ou moins accentué des sols.

Cependant, un « microclimat sec », sur certains sols très grossiers (sable ou grès), paraît être un facteur limitant son extension (cf. grès vosgien aux expositions sud).

De même, à sa limite climatique (secteur ligérien à été sec), le hêtre se comporte en calcicole préférentiel (forêt de Russy, Loir-et-Cher).

III. — Influence de la hêtraie sur l'évolution du sol.

La teneur en calcium de la feuille de hêtre est très variable, suivant le substratum (dans la proportion de 1 à 5 suivant Ruhl), et son rapport C/N est assez élevé. Le hêtre à l'état pur donne un humus biologiquement actif (mull), sur substratum riche en calcium, sinon un moder ou même un mor, sur roche-mère pauvre en bases et lorsque les autres conditions de milieu sont défavorables.

La hêtraie agit alors défavorablement sur son sol, en provoquant sa dégradation : « *marmorisation* » sur lehm peu perméable, « *podzolisation* » sur sable : mais la présence d'autres essences en mélange (chêne, charme et, dans une certaine mesure, sapin) freine cette action.

IV. — Les types de sols de hêtraie et leur évolution.

1. *Roche-mère dure et acide, en montagne* (grès, granit, schistes).

Le faciès « climacique » de la forêt en bon état est le sol brun acide à mull désaturé ; les faciès « dégradés » sont le sol ocre podzolique ou podzolique à moder ou à mor.

2. *Roche-mère calcaire*, avec manteau plus ou moins épais de *terra fusca*.

Le faciès climacique est un « sol brun calcimorphe », à mull riche en base, qui se dégrade, par érosion, en rendzine.

Sur les colluviums de montagne, les éboulis, le sol caractéristique est le « sol humique carbonaté », sorte de rendzine très humifère.

3. *Roche-mère limoneuse*, plus ou moins décalcifiée.

Le faciès climacique paraît être un sol brun lessivé à mull, avec marmorisation profonde plus ou moins marquée : ce type évolue par dégradation vers un pseudogley, par persistance et remontée de la nappe temporaire.

4. *Roche sédimentaire sableuse en surface* : argile à silex.

Le sol climacique est de même type que précédemment (souvent plus lessivé, cependant), mais il se dégrade en donnant naissance à un sol podzolique à mor (Normandie).

Conclusion.

Le sol « climax » d'une hêtraie en bon état, voisine de la forêt primitive, est donc un sol brun forestier, au sens large, caractérisé par un même type d'humus (sols « analogues »), quelle que soit la roche-mère ; par contre, les sols des hêtraies dégradées sont notablement différents suivant les roches-mères et les stations.

Beech forest soils in Western Europe

Summary.

I. — Introduction : What do we mean by beech forest ?

This concept is used not only in the narrow sense of a typical mountain beech forest (where beeches are more or less mixed with other tree species such as firs) but also in the wider sense of beech-oak forests of the plains in North-eastern France, characterized by a wet climate.

II. — Influence of edaphic conditions on the distribution of beech tree.

Beech forest are found on a variety of parent rocks : granits, slates, limestone, loess, clay with flint pebbles, etc... Beech tolerates acid as well as alcaline, dry as well as wet soil conditions.

However, a « dry microclimate » appears to be a factor limiting its extension on certain coarse soils (sand or sandstone) e.g. southern flanks of vosgian sandstone.

Similarly, beech behaves as preferentially calcicolous at the climatic boundary (ligerian sector with dry summers e.g. Russy forest, Loir-et-Cher).

III. — Influence of beech forests on soil evolution.

The calcium contents of the beech leaf varies considerably with the substrate (in a 1 to 5 proportion according to Ruhl), and its C/N ratio is relatively high. Pure beech forests produce a biologically active humus (Mull), on a high calcium substrate or a Moder or even a Mor, on a poor parentrock or when other environmental conditions are not favourable.

Under those conditions the beech forests has a deteriorating action on the soil, resulting in degradation : « *marmorisation* » on impermeable lehm, « *podzolization* » on sand : but the presence of other species (oak, hornbeam, and to some extent fir) slows down this action.

IV. — Beech forest soil types and their evolution.

1. *Hard and acid parent rock, in mountain soil* (sandstone, granit, slates).

The « climacic » facies of a forest in good tenure is the brown acid soil with desaturated Mull, the « degradation » layers consist of ochrous podzolic soil, or podzolic with Moder or Mor.

2. *Limestone parent rock* with a more or less thick *terra fusca* covering.

The « climacic » facies consists of a « brown calcimorphic soil » with a high basic Mull which, through erosion, degrades into rendzine.

On the mountain colluviums, the run-off, the characteristic soil is the « humic carbonated soil » a kind of rendzine with a very high humus content.

3. *Loamy parent rock* more or less decalcified.

The climacic facies appears to be a brown leached soil with Mull, showing a deep, more or less marked marmorisation : this type degrades towards a pseudogley, by the persistency and rising of the temporary water layer.

4. *Sedimentary rock with a sandy surface* : clay with flint pebbles.

The « climax » soil is of a similar type as before (often more podzolised, however), but it degrades giving rise to a Mor podzol (Normandy).

Conclusion.

The « climax » soil in a beech forest, close to the virgin type, is a brown forest soil characterized by a similar type of humus (« analogous » soils) whatever the parent rock ; on the other hand degraded beech forest soils differ markedly conformably to the parent rocks and the site.

Die Böden der Buchenwälder in Westeuropa

Zusammenfassung.

I. — Einführung : Was verstehen wir unter Buchenwald ?

Unter dem Begriff « Buchenwald » verstehen wir nicht nur im strengsten Sinne den typischen Gebirgs-Buchenwald (wo die Buche mehr oder weniger gemischt mit anderen Baumarten, z.B. die Tanne, wächst), sondern auch im weiteren Sinne Buchen-Eichen-Mischwälder in Ebenen mit feuchtem Klima, im Nord-Osten Frankreichs.

II. — Einfluss der edaphischen Bedingungen auf die Ausbreitung der Buche.

Man findet Buchenwälder auf sehr verschiedenem Muttergestein : Granit, Schiefer, Kalkstein, Lehm, kieselhaltigem Ton etc. Sie vertragen säure und alkalische Böden und auch einen bestimmten Xerophiliegrad, ebenso wie einen mehr oder weniger hydromorphen Charakter des Bodens.

Trotzdem scheint ein « trockenes Microklima » bei bestimmten groben Bodenarten (Sand, Kies) die Ausbreitung zu begrenzen. (Kies an Südhängen der Vogesen).

Ebenso verhält sich die Buche auf ihrer Klimagrenze (Loirebecken mit trockenen Sommern) auf überwiegendem Kalkboden (forêt de Russy, Loir-et-Cher).

III. — Einfluss der Buche auf die Bodenentwicklung.

Der Kalkgehalt der Buchenblätter ist sehr unterschiedlich, je nach dem Substrat (im Verhältnis 1 : 5 nach Ruhl), und das C/N Verhältnis ist ziemlich hoch. Einheitlicher Buchenbestand ergibt einen biologisch aktiven Humus (Mull) auf kalkreichem Substrat, wenn nicht Moder oder Mor auf basenarmen Muttergestein, und wenn die übrigen Umweltsbedingungen ungünstig sind.

Die Buchenwaldung wirkt dann ungünstig auf ihren Boden, indem sie « Degradierung » desselben hervorruft : « Marmorierung » auf schwach durchlässigen Lehm, « Podsolierung » auf Sand : Das Vorhandensein anderer

Baumarten (Eiche, Weissbuche und in gewissem Umfange Tanne) hemmt jedoch diese Entwicklung.

IV. — Die Bodentypen des Buchenwaldes und ihre entwicklung.

1. *Hartes und saures Muttergestein im Gebirge.*

Die « Klimax-Facies » des Waldes in gutem Zustande ist ungesättigte, säure Braunerde vom Mulltyp ; die « degradierten Facies » sind podsolige Braunerden oder Podsolböden vom Moder oder Mortype.

2. *Kalk-Muttergestein* mit mehr oder minder mächtiger Terra-Fusca-Decke.

Die Klimax-Facies ist eine Kalkbraunerde mit basenreichem Mull, die durch Erosion zu Rendzine abgebaut wird.

Auf den Geröllhalden im Gebirge findet sich Humus-Karbonatboden — eine Art sehr humusreichen Rendzine-Bodens.

3. *Lehm-Muttergestein*, mehr oder minder kalkhaltig. Die Klimax-Facies scheint « sol brun lessivé » vom Mulltyp zu sein mit mehr oder weniger deutlicher tiefer Marmorierung ; dieser Typ entwickelt sich zu einem Pseudogley-Boden, durch Überdauerung und Remontierung des Stauwassers.

4. *Sedimentsgestein mit sandiger Oberfläche :* kieseliger Ton.

Der Klimax-Boden ist vom gleichen Typ wie der vorhergehende (häufig jedoch ausgelaugter), er wird jedoch degradiert und ergibt einen Podsolboden vom Mortyp.

Schlussfolgerung.

Der Klimax-Boden eines Buchenwaldes in gutem Zustand ist also, ähnlich wie beim Urwald, in weitem Sinne ein Waldbraunerde, charakterisiert durch denselben Humustype (« analoge » Böden), ganz gleich, wie die Beschaffenheit des Muttergesteins ist. Die Böden der degradierten Buchenwälder sind dagegen besonders unterschiedlich, je nach dem Muttergestein und dem Standort.

Ecological aspects of regeneration in British beechwoods

by J. M. B. Brown
Forestry Commission, Londres (Royaume-Uni)

Introduction

The beech in Britain is near the north western limit of its range and the extent to which indigenous beechwoods occur is a subject of dispute. The isolation of Britain from the European continent in early Atlantic times imposed a barrier on the spread of plants as they gradually reconquered the ground lost during the last Quaternary glaciation. Beech may have been one of the plants which failed to establish itself before Britain became an island : it has been suggested that the Romans introduced the tree during their occupation in the early part of the Christian era. But beech pollen has been recovered in small amounts from Sub-boreal peats and there is thus strong evidence that the tree had become established nearly 2.000 years before the Romans came to Britain.

Whatever its status, beech grows well as a planted tree in most parts of Britain and, though the climatic conditions are in variable degree divergent from the optimum, the tree appears thoroughly naturalised, producing fertile seed in favourable seasons. It is recognised, however, that the difficulties of growing beech successfully are rather greater in Britain than in lands nearer the centre of its natural range : in particular the difficulties of securing good crops of natural regeneration appear to be multiplied. A good deal of attention has been given to the problem in recent years. Although natural beechwoods are of restricted distribution, beech has, during the past three centuries, been widely planted for ornamental as well as utilitarian reasons and there has been a general desire to restock mature woods in a manner combining cheapness with amenity. Nevertheless few features of British forests impress the foreign observer so much as the scarcity of thriving crops of natural regeneration in our beech woods.

Environmental factors and beech regeneration

The various factors upon which successful beech natural regeneration appears to depend may be reviewed under five heads, corres-

ponding to five stages in the development of the regeneration.

A Seed production.
B Survival of nuts before germination.
C Germination
D Establishment of seedling
E Survival of established seedling.

As regards the last two phases it is convenient in practice to separate the early weeks of its life, when the tender seedling is exposed to hazards mostly different from those which restrict, or put an end to, growth later on. Following Watt (9) we may recognise a seedling as established when the radicle has penetrated the soil or humus and the cotyledons have expanded and turned green.

A. — Seed production

The factors which control seed production in the beech are mainly climatic, but the structure of the stand is also important and biotic influences play some part.

1. Climatic factors. Matthews (6) has summarised all the available British evidence about the relationship between size of beech mast and the weather of the preceding summer. He found positive correlations between size of mast and (a) July air temperature ; (b) July sunshine. A similar conclusion was reached in Swedish beechwoods by Lindquist (5). Since Matthews' paper appeared, two outstandingly warm and sunny summers (1955 and 1959) have been succeeded by two very good beech seed years, thus reinforcing the evidence previously adduced. In the oceanic climate of Britain, particularly in the cooler and cloudier west and north, the requisite degree of summer warmth and sunshine is not attained very often and masts are accordingly less frequent than on the European continent.

A subsidiary climatic factor plays a part occasionally in the spring following a favourable summer, but is often local in its incidence. In 1948, an outstandingly good mast year in Britain, severe May frosts destroyed the flowers in parts of Eastern England, where alone the mast did not come up to expectations. In 1935 frosts in mid May were more general and severe, destroying the prospects based on the favourable summer of 1934.

2. Condition of stand. Once a beechwood has reached the age when flowers are produced, a great deal depends on the density of the stand and the freedom with which sunlight has access to the individual crowns. In some years marginal beeches alone bear nuts. Many

British beechwoods, particularly in the southern counties, were very lightly thinned until recent years and it seems that this factor alone may have often suppressed, or greatly restricted, seed production in favourable seasons.

3. Biotic factors. Several observers, e.g. Watt (9), Ardo and Lindquist (1), Brown (3) have drawn attention to the damage caused to developing nuts by the caterpillar of a Tortricid moth, *Laspeyresia grossana*, which in some years appears to effect an important reduction of the crop. The introduced grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) destroys the flowers and fruits on the trees and may have a significant influence on the yield of seeds.

Accordingly in Britain beech masts are irregular, with occasional long gaps ; good masts are often of local occurrence. In the last 13 years there have been 4 very good masts (which is certainly above the normal expectation) : the circumstance that three of these — the fourth is still on the trees — have left but little trace in most of our beechwoods, proves that abundant seed is only one of the conditions of success.

B. — **Survival of Nut**

Many observers have reported serious losses of beech nuts between seed fall and germination and some have recorded observations on the causes of loss. Much the most detailed and thorough study was made by Watt (*loc. cit*) who set out controlled experiments in Aberdeenshire and Sussex between 1919 and 1921. More recent observations in other localities have in general confirmed Watt's conclusions about the overriding importance of certain animals in eating the nuts and about the manner in which the net effect of this destruction varies with the size of the mast.

(1) Birds. Several large woodland birds consume acorns and beech nuts. Pheasants, jays, rooks, jackdaws and wood pigeons are all important in certain circumstances, but in Britain the chief enemy to beech regeneration is the wood pigeon (*Columbia livia*). Damage varies much from year to year and from place to place. In years of abundant mast losses are often restricted to nuts exposed on the surface : nuts concealed by litter and more especially nuts buried by burrowing animals tend to escape detection. Where, however, the crop is poor, birds are more diligent in their search for the nuts. Pigeons and the Corvidae are relatively more frequent in our small woodlots, mostly surrounded by farm land.

(2) Mammals. Damage by squirrels, which begins in the flowering stage, is continued up to, and perhaps beyond, seed fall. The other important mammalian destroyers of nuts are the wood mouse, *Apodemus silvaticus*, and the common vole, *Microtus agrestis*. Watt's experiments showed, as later observations have confirmed, that mice are much the most important animal enemy of beech seed and that the chances of survival to the germination stage depend very largely on whether wood mice are plentiful in the locality. Traps set by Watt, and more recently by the writer in Sussex, yielded only *Apodemus*, but in 1956/57 the abundant mast synchronised with a *Microtus* « plague » and great destruction of nuts occurred in the Chiltern beech woods. Reference may now be made to the important incidental factors which control the losses due to animals, or influence the consequence of this loss.

(a) *Nature of substratum.* Beechwoods with mull and an even litter carpet form the most receptive ground at seed fall. Where the wind gains access, scattering the leaves, and the ground is bare, or sparsely carpeted with mosses or *Deschampsia flexuosa*, most of the nuts are deprived of any concealment and losses due to animals, particularly birds, are heavier.

On the other hand there is much evidence that the population of small rodents is influenced by the nature of the forest floor. Mice appear to be scarce in woods exposed to the wind and in compacted soils, or soils overlain by thick mor : they are most plentiful in relatively sheltered woods, on neutral, or midly acid, mull soils. Thus it seems that the very conditions which favour concealment of the nut and provide a good bed for germination, favour also the nut's most dangerous animal foe.

(b) *Human influence.* Many cases are on record of beech regeneration restricted to the edges of paths through the woods, due partly to incidental burial of nuts by users of the paths. Birds also tend to keep away if there are many people about, or if there is much activity in the wood in the winter following a mast. A thinning, or regeneration felling, at this time may thus be advantageous ; the more so as the soil disturbance associated with felling and tushing buries many nuts and removes competitive ground plants. These circumstances favoured regeneration in Watlington Forest, Oxfordshire in 1950/51.

(c) *Size of mast.* Where nuts are abundant more birds may be attracted, but birds and mice are not so thorough in searching out the nuts, many of which will escape their attention. In a few beechwoods in West Sussex, but nowhere else in Southern England, there was a

moderately good beech mast in 1953. In the autumn wood pigeons were drawn to these woods from far and wide, effecting wholesale destruction of the seeds.

For these reasons partial beech masts seldom leave any trace in the form of germinated seedlings and patches of regeneration can nearly always be referred back to one of the rare abundant, widespread masts (1922, 1929, 1934, 1944, 1948, 1950, 1956 for example).

(3) Winter cold. In 1945 Bourne (2) reported considerable destruction by frost of exposed beech nuts around Christmas 1944. Some records of minimum temperatures in Alice Holt, Hampshire under canopy and in the open during the severe weather of February, 1956, included very low readings under canopies of oak and beech ; under beech, temperatures of —10° C were recorded on six nights. The litter provided good protection and the lowest temperature recorded under beech litter was —2,5°C, but litter temperatures below freezing point were recorded on 20 nights during the month.

In severe winter weather, therefore, beech nuts exposed on bare ground in the forest may be subjected to very low temperatures, which, according to Bourne (*loc. cit.*) are lethal. Where, however, the nuts enjoy the natural protection of the leaf fall the lowest temperatures experienced are never much below zero and the mortality in British beechwoods is probably negligible.

Laboratory tests have shown that partially dehydrated beech nuts stand a considerable degree of frost for long periods. G. Buszewicz (unpublished note) obtained some germination after 18 months at —4°C ; and Nyholm (7) recorded 13 % and 15 % germination after storage for 9 months at —5°C and —15°C respectively : he even recorded 13 % germination after 17 months at —15°C. Moist nuts in woodland are doubtless much less tolerant of frost, but the high oil content renders the beech seed relatively hardy.

In the stage between seed fall and the ensuing spring losses may be very grave and only abundant masts leave a sufficient residue of nuts capable of germination.

C. — Germination

Biotic factors largely determine the proportion of nuts surviving to germination time, during which it is the physical factors of the environment which are commonly decisive. Moisture and air supply, temperature and the nature and depth of the cover over the seed are all important and capable of determining death.

(1) Moisture. The importance of access to moisture was stressed by Watt (*loc. cit.*), as the result of his field observations and laboratory experiments. In the latter he found that nuts germinated normally when half submerged, whereas no germination occurred when the nut was either suspended above water or wholly submerged. In the field nuts germinated when buried in soil, or covered by litter : with nuts laid on the soil surface, germination was nil or much reduced. In the former, moisture was taken up, in the latter, moisture was lost, during the test.

In natural conditions desiccation of the nut may occur either where the leaf fall is blown away by wind and nuts lie exposed on the ground, or on a thin moss carpet ; or where there is a thick tangle of living and dead vegetation, so that some of the nuts fail to make contact with the ground. In most circumstances a cover of leaves will ensure adequate moisture for the nut before and during germination ; whereas spring droughts are such a common occurrence in Britain that nuts deprived of this protection have little chance of producing seedlings.

(2) Air. Although submergence of the nut completely inhibits germination, there is no evidence that waterlogging is an important source of death in nature. Beechwoods are not found in wet situations and, for the most part, therefore, a supply of oxygen is assured to the nuts when they germinate in spring. The need for air at this stage may be one reason why beech is seldom found naturally on retentive soils or on sites liable to waterlogging.

(3) Nature and depth of seed cover. As already noted this factor is important in relation to the moisture supply to the nut at germination time. Nuts exposed on the surface, or trapped in the stems of the ground vegetation, often become too dry : nuts in depressions which become deeply covered by leaves may fail from lack of air. Apart from this, deep burial of the seed under leaves or soil may, without affecting germination, prevent the plumule from gaining the light of day. For this reason, if cultural measures are carried out in beechwoods after seed fall, with the object of burying the nuts out of sight of birds and simultaneously removing brambles, they should be such that the nuts do not become deeply buried.

At germination time a critical part is played by the surface soil conditions, which vary greatly in relation to geology, local climate and the density of the canopy. On the chalk soils of Southern England an herbaceous flora (with *Mercurialis perennis* widely dominant) is well developed and earthworm action maintains a porous mull surface. Beech nuts, protected by the leaves of the previous autumn, find optimum conditions for germination. Near the west or south west edges

of woods, however, the wind may impoverish the flora and disperse the leaves, creating a less favourable milieu. On moderately acid loamy soils over many geological formations in the Southern half of Britain, the evergreen blackberry (*Rubus fruticosus* agg) is the dominant plant in the mature beechwood opened up for regeneration and it provides favourable conditions for germination of nuts. On infertile sands and gravels in the south, and on a wider range of soils in Scotland, a less exacting ground flora is developed, with *Deschampsia flexuosa*, accompanied often by mosses (*Dicranum scoparium*, *Mnium hornum*, *Hypnum cupressiforme*, *Leucobryum glaucum* and others characterising the poorer types. The short sparse *Deschampsia* sward which exists under the beech fails to stay the flight of leaves before the wind and the nuts may be exposed on the surface and suffer from desiccation before or during germination.

While, therefore, the ground flora and surface soil conditions which provide the environment for the germinating beech nut are fundamentally dependent on the parent rock, the modifications due to the density of the beech canopy and the exposure to the prevalent wind may have a decisive influence.

D. — Establishment of seedling

During the period of a few weeks between germination and establishment (defined as the stage where the cotyledons have expanded and turned green), moisture is again a vital factor. Frost may also be important and, in the organic world, rodents, slugs, insects and fungi must all be considered.

(1) *Moisture.* It was pointed out that nuts lying on bare soil will germinate only if moisture conditions are favourable. In this situation there is also the further great risk that the unprotected radicle may dry out and shrivel up before it has penetrated the soil. Under litter, provided there is enough moisture for germination, the seedling is usually assured of an adequate supply up to establishment

(2) *Frost.* Watt (*loc. cit.*) subjected seedlings which had germinated in storage to temperatures below freezing and found that an overnight temperature of −4°C, or a two-hour exposure to −5°C killed all the radicles. Seedlings which had germinated naturally in soil were more sensitive to cold. Nuts which germinate under litter are sufficiently protected at first, but a late spring frost may damage them after the cotyledons have appeared.

(3) Animals. During the relatively short period between germination and functional development of the cotyledons many beech seedlings become killed or seriously damaged by animals. Mice may devour the entire seedlings ; birds may snap off the plumule ; slugs or caterpillars may cut through the radicle or hypocotyl, or severely gnaw the cotyledons. The overall result of this attack depends on the population of germinating seedlings in relation to resident predators. In some cases a negligible number of seedlings may become established, but in years of abundant mast a satisfactory crop may be obtained.

(4) Fungi. Damping off fungus, *Phytophthora omnivora*, has been reported as causing serious losses of beech seedlings, but no case has come to the writer's notice. Damping off might, however, occur on a considerable scale in beechwoods without attracting notice. More information is required about its prevalence and the circumstances in which it may be serious.

In this, as in stage B, success depends mainly on the number of potential predators in relation to the food supply provided by the beech.

E. — Survival of established seedlings

After establishment beech seedlings have still a long way to go before they can be regarded as advance growth and accepted by the forester as part of the growing stock. It is not the purpose of this paper to review their history beyond this stage, but the 5-10 years after germination are critical : losses are usually severe and it is not infrequent that a flourishing stand of first year seedlings yields practically nothing in five years' time.

(1) Frost. Rohmeder (8) found that, as the leaves expand, the beech seedling becomes less sensitive to frost. In his experiments the effect of bright sunshine during the thawing of the seedling was interesting. Seedlings subjected to the severest treatment (—8°C for 3 hours) were killed outright. Those subjected to the mildest frost treatment (—3°C for 45 min.) recovered, whether transferred from the refrigerator to sunlight or to shade. In the intermediate treatment (—4°C for 100 min.) the environment during thawing had a decisive effect : in the sun the seedlings soon became discoloured and were all dead in three days, whereas those transferred to shade survived. Late spring frosts may thus be a very serious matter for beech seedlings invading open ground (Bourne, *loc. cit.*) but the protection of a canopy at once mitigates the cold and protects the frozen seedling from sudden thawing. Accordingly frost is of more importance to the colonisation by

beech of open ground, or the re-stocking of clearings, than to normal regeneration in groups, or strips, or under a shelterwood.

(2) Drought is a much more important factor for the survival of beech seedlings, but it may be extremely difficult to assess its importance, because of the other diverse factors which often reinforce the effect of drought. As an example the case of an abundant crop of fresh seedlings at Countesswells, Aberdeenshire, in July 1949 may be taken. In mid July it was observed that the beech seedling roots were confined to the deep mor, which covered the ground and which was then becoming dangerously dry in open places where recent fellings exposed the ground to the sun. Everywhere seedlings were affected by the leaf sucking Aphid, *Phyllaphis fagi*, and some had already succumbed under the combined influence of drought and *Aphis*. Few of these seedlings lived through the drought year of 1949, but it is difficult to estimate what parts drought and *Aphis* played in the wholesale destruction.

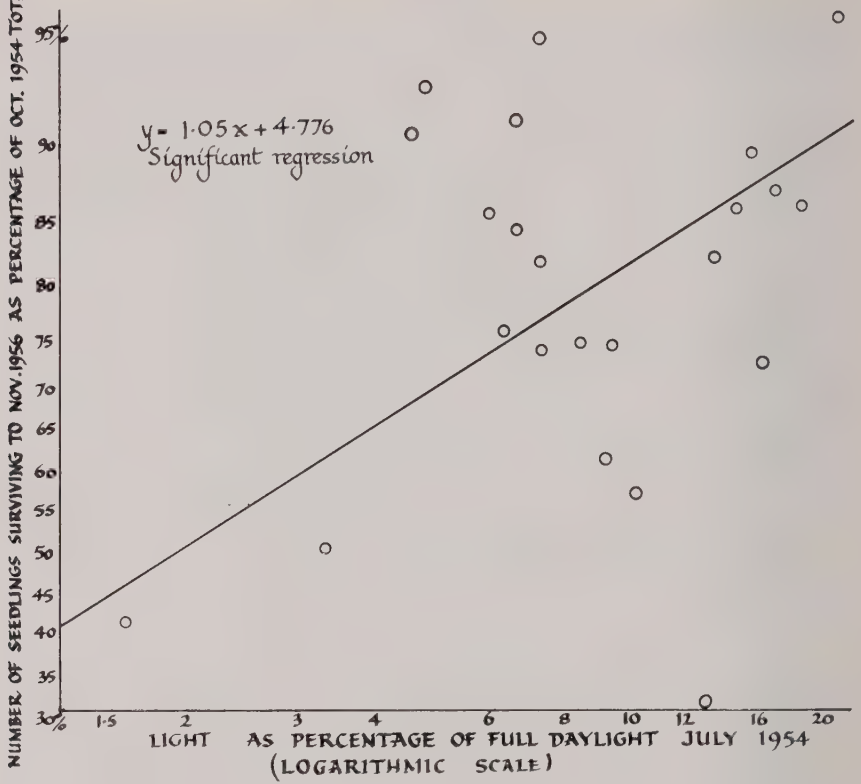
In those Chiltern beechwoods where destruction of the nuts by voles did not inhibit regeneration in 1957, the effect of the long drought in May and June of that year was interesting. On the drier sites, exemplified by the west facing escarpment slopes of the chalk, death of seedlings was general and regeneration failed : on more retentive soils, particularly on north aspects, the losses were not serious.

In many British beechwoods on acid soils, thick mor covers the ground and young seedlings are very vulnerable by drought during the several months which may elapse before the mineral soil becomes effectively exploited by roots. In general, however, where the humus layer is of moderate thickness, the beech seedling, given some overhead shade, shows considerable resistance to summer drought and few cases are on record in Britain where substantial losses of regeneration could be ascribed wholly or mainly to drought. Where certain other factors of the environment — competition from the roots of other plants, exposure to wind near the wood margin, strong shade causing depression of root growth, or insect attack — are very unfavourable to the seedling, drought may prove decisive. Bourne (*loc. cit.*) also took the view that soil drought was important for seedling survival only in drought years and in exceptional sites, whereas light was generally the crucial factor.

(3) Shade. Numerous observations, both in this country and abroad, have been made on the shade tolerance of beech seedlings. In some cases the observations have been made on natural seedlings in the woods, in some cases on seedlings under artificial shade, and there is general agreement that a much greater tolerance is shown by seedlings under artificial shade, where the conditions of soil moisture and

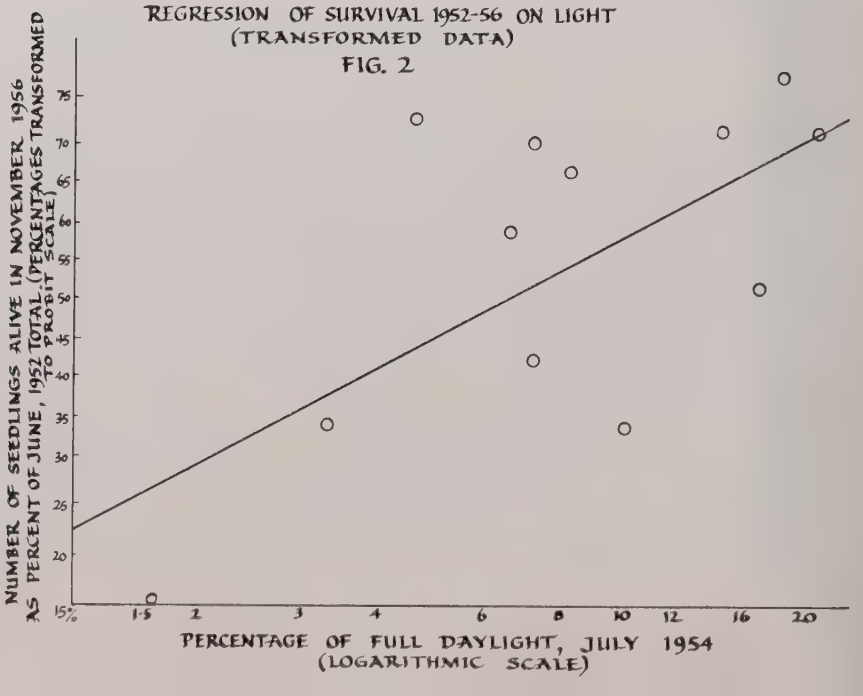
REGRESSION OF SURVIVAL 1954-56 ON LIGHT VALUE 1954
(TRANSFORMED DATA)

FIG. 1



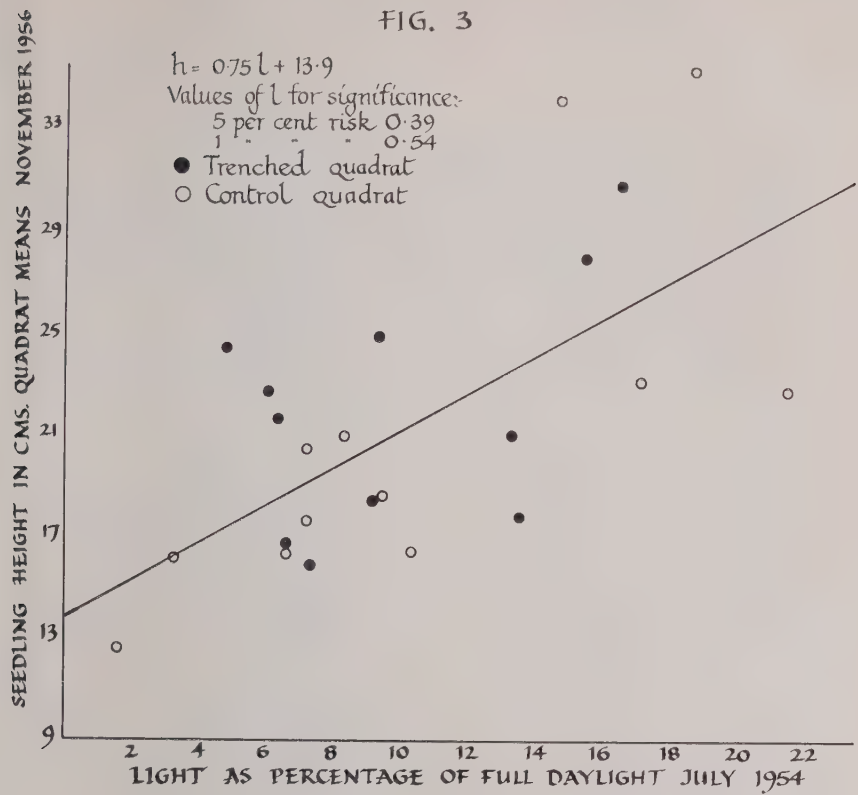
REGRESSION OF SURVIVAL 1952-56 ON LIGHT
(TRANSFORMED DATA)

FIG. 2



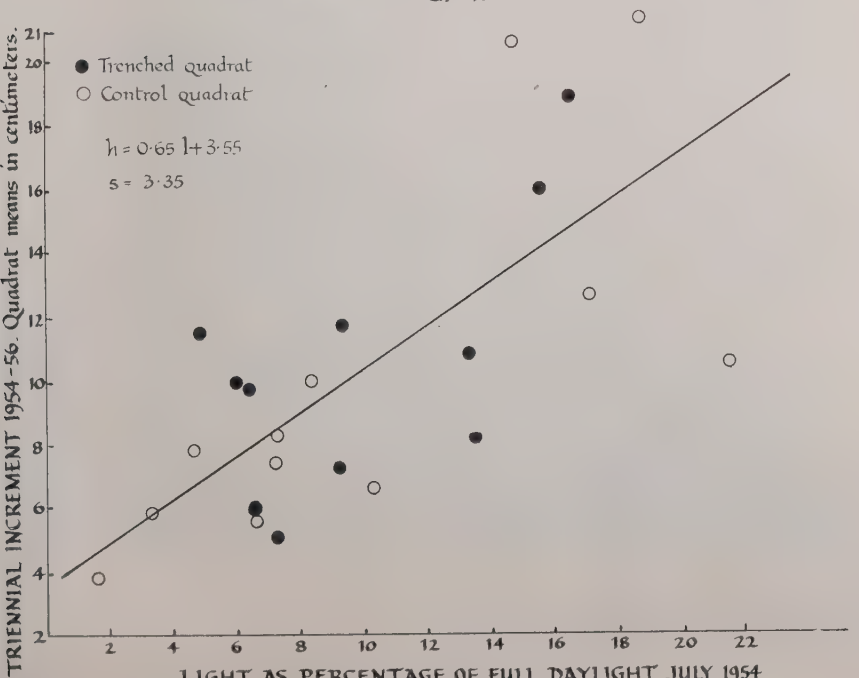
REGRESSION OF SEEDLING HEIGHT ON LIGHT

FIG. 3



RELATION BETWEEN TRIENNIAL INCREMENT, 1954–56 OF BEECH SEEDLINGS AND LIGHT IN 1954

FIG. 4.



nutrient supply, freedom from competing plants, freedom from animal attacks, are unnaturally favourable.

Observations were made at Alice Holt, Hampshire, in 1951 on beech transplants grown for two seasons under artificial shade in the nursery. Reduction of the light to approx. 4 per cent of full daylight reduced the height growth of the plant by only 35 per cent, but the dry weight was very substantially reduced. If the mean dry weight (shoot plus root) in the open is represented as 100, the mean dry weights of plants grown respectively under 50, 18 and 4 per cent of full daylight may be represented as 58,5, 30,3 and 15,6 : furthermore the root/shoot ratio was significantly greater in open grown plants.

Other observers maintain that beech seedlings will tolerate deeper artificial shade and Watt (*loc. cit.*) found that they survived the first year under 1 per cent of full daylight. He found, however, that the critical light intensity was appreciably higher in woodland and that optimum growth and maximum leaf development occurred under full daylight. Harley (4) studied the response of beech seedlings when the light was reduced to two fifths of full daylight and recorded a low dry weight of root and shoot and a low root/shoot ratio, as compared with seedlings in full daylight, whereas height growth was slightly increased. These and other characters of artificially shaded seedlings resembled those of seedlings growing in the shade of woods.

In Queen Wood, Watlington (Oxfordshire) the abundant mast of 1950 resulted in the appearance of dense regeneration in those parts of the wood not fully carpeted with *Rubus fruticosus*, or *Deschampsia caespitosa*. In May 1952, well stocked quadrats (each 160 × 120 c.m.) covering a wide range of canopy conditions, were marked out and the seedlings enumerated. In October, 1952, and each succeeding autumn until 1956, an assessment of survival and height increment of seedlings was carried out in every quadrat, while during the growing season occasional observations aimed at throwing light on the causes of mortality. In March, 1954, twelve trenched quadrats were established, each paired with one of the existing quadrats : but subsequent assessments showed clearly that, on this retentive soil and at this stage in the seedling's life, the elimination by trenching of root competition from the parent trees had no significant influence on survival or height growth of the regeneration. The data from the two sets of quadrats were accordingly considered together and some of the results are illustrated by figures 1-4.

Figure 1 shows the relationship, for all 24 quadrats, between survival through the last three seasons and the relative light intensity as recorded in July 1954 : while figure 2 shows the corresponding relation-

ship for the original 12 quadrats through the whole five seasons. Both regressions are significant at 5 per cent risk. Figure 3 shows the relationship between total height in November, 1956 and the light value and figure 4 that between the triennial increment 1954-56 and light. Both regressions are significant at 1 per cent risk. There are thus indications of closer connection between light and growth than between light and survival and evidence was not wanting of other factors, including occasional browsing by hares (*Lepus europaeus*), contributing to the mortality of 49 per cent which occurred between May, 1952 (seedlings aged 13 months) and November, 1956. One of these factors was position in the wood, whether near the exposed west edge, with a more or less diffuse carpet of *Holcus mollis*, or towards the sheltered east side, with a ground flora of clumps of *Rubus fruticosus* or *Rubus idaeus* and occasional *Deschampsia caespitosa* and *Digitalis purpurea*. Of 11 quadrats in the intermediate light range (6-11 per cent of full daylight) 5 in the west half of the wood showed an average percentage loss during the last two years of 30.2 $\pm$ 10.8, whereas the figure for 6 quadrats in the east half was only 13.3 $\pm$ 7.4 per cent : the difference is just significant at the 1 per cent level of risk.

These data from a Chiltern beechwood fully confirm the decisive influence of light in the first 6 years of the beech seedling's life. During the first two years of observations (1952-53) the correlation between increment and light was less close, being barely significant at 5 per cent risk. As pointed out by Ph. Duchaufour at the Oxford Congress of Forest Research Organisations in 1956, moisture is often more important than light to tree seedlings in the earliest stages, but light soon assumes the dominant role. In British beechwoods, where beech seedlings almost inevitably grow up alongside vigorous plants such as *Rubus spp.*, *Pteridium aquilinum*, *Mercurialis perennis*, *Milium effusum*, *Holcus mollis* or other grasses, height growth and survival are inseparable ; unless the seedling can grow with moderate vigour, it soon becomes smothered by the dominant ground plant. If fortunate enough to find itself on bare ground it is exposed to rodents.

Following this fairly full discussion of the light factor, other conditions of successful early growth may be briefly dealt with.

(4) Ground Vegetation. Observations in Queen Wood, Watlington suggest that competition for light is the main way in which the ground plants injure beech regeneration, but there are other adverse effects and in cases where a rank growth of *Rubus fruticosus*, *Pteridium aquilinum*, *Deschampsia* or *Holcus* appears, many seedlings become smothered or deformed by the dead shoots of those plants. On soils less

retentive of moisture, or less fertile, than the Watlington soil, competition for water or plant foods may be significant.

(5) Rodents. The small rodents which play a decisive part during the nine months between seed fall and establishment of the seedling are relatively unimportant during later development, though mice, *Apodemus silvaticus*, by gnawing the bark, may seriously damage, and even kill, beech saplings 2-3 m. in height. Until the myxomatosis plague of 1953-55 rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) were widespread and abundant throughout the British countryside, avoiding only swampy land and mountains and moorland, where beechwoods do not occur. Although rabbits seldom make their home within beechwoods, there are few parts of the small British woods where they are not seen as occasional visitors from warrens on adjoining land. At the present time rabbits are increasing again and there are few British forests where beech regeneration can be counted on unless steps are taken to exclude or destroy them.

(6) Deer, Sheep and Cattle. These are of more restricted importance. In the New Forest, for example, deer and ponies are two of the chief enemies to regeneration of any trees. In this forest beech often regenerates freely within the Inclosures, but many of the older beechwoods are in the open forest, where ponies destroy all the seedlings. In some other beechwoods the roe deer, or sporadic grazing by sheep, acts as a similar check.

(7) Invertebrate Animals. Slugs and insects are the principal groups of invertebrate animals affecting beech regeneration. There are many records of slugs destroying first year, or occasionally older, seedlings and Watt (*loc. cit.*) lists a number of species found by him to do damage. Among the insects there are many *Lepidopterous larvae* which destroy or damage young beech seedlings : such larvae have usually dropped from the overwood where, in years of winter moth (*Operophthera brumata*, *Erannis defoliaria*) abundance, the population of caterpillars may be so great that beech seedlings suffer severely from those which descend to the ground before they are fully fed. Damage by *Lepidoptera* is seldom serious after the first year, but the important sucking insects, *Phyllaphis fagi* and *Typhlocyba douglasii*, may continue their attack for several years and greatly reduce the vigour of the seedlings. *Typhlocyba* tends to be more abundant on shaded seedlings ; *Phyllaphis* is seldom seen in deep shade and is more prevalent in times of drought. Each of these two insects, therefore, aggravates an important adverse factor of the physical environment.

Practical implications

Some consideration has been given to many environmental factors upon which the successful natural regeneration of beech in Britain appears to depend. These are of very unequal importance and, although some attempts have been made to assess the relative significance of the main sources of loss in particular cases, the local and seasonal variations are such that any general assessment must be at best an approximation.

Nevertheless it seems that the appearance of beech seedlings depends mainly on two conditions, namely (a) the size of the mast and (b) the population of mice. Once seedlings appear their survival is bound up with a bewildering variety of often interconnected factors, but (c) the density of the beech canopy ; (d) the development of the subordinate vegetation ; and (e) the abundance of rabbits, seem of outstanding importance.

The provision of mast depends primarily on the weather, but it is affected secondarily by the condition of the stand, which the forester can alter in a favourable direction, by thinning when the time comes for regeneration. Care must be exercised lest the thinning be so heavy as to lead to a vigorous ground vegetation. As Bourne (*loc. cit.*, p. 39) remarks : « foresters in this country who seek to establish natural regeneration, should treasure all areas with a clean forest floor until they have obtained the regeneration ». This counsel must not be interpreted too rigidly : on the more acid soils, where in any case brambles are weak or wanting, a somewhat heavier thinning must be practised, if surface soil degradation is to be avoided. A method of crown thinning, heavy enough in the dominants to promote both diameter growth and good fruiting, but retaining some subdominant and suppressed trees to shade out *Rubus*, etc., might prove satisfactory. Where the ground vegetation tends to be luxuriant, it is now the custom, in some British beechwoods where regeneration is desired, for the ground to be roughly cultivated (scarified) some time before or directly after seed fall. It is thought that this treatment may at the same time destroy many mouse tunnels and result in a temporary reduction in the population, while it also prepares a receptive seedbed for the nuts.

Granted a good crop of young beech seedlings the forester's task in the ensuing years is, besides ensuring that rabbits are destroyed or kept out, to increase the light reaching the seedlings, without fostering the ground vegetation excessively. On some moist retentive soils it is well nigh impossible to strike a balance between loss of most of the regeneration under dense shade and the encouragement of a smothering ground vegetation by the opening of the canopy. In such cases the

only way out of the dilemma appears to be to continue with such thinning as is thought appropriate to the growth of the seedlings and to resort to local destruction of the *Rubus* etc., where it threatens to smother them or shade them out. Chemical control by woody « brush killers » is unfortunately inapplicable where seedlings are present, and cutting must be resorted to.

In the past insufficient attention was given to the timing of coupes in relation to seed years and often heavy thinning in advance of regeneration opened the way to a stifling growth of ground plants. Seldom were efforts made to exploit abundant masts at the right time. Where conscious attempts were made to secure regeneration, in most cases by group fellings (régénération par bouquets), the gaps were commonly much too large, so that only the margins became stocked by beech, while the centres were quickly filled by *Rubus* spp, *Juncus* spp, *Chamaenerion augustifolium*, *Gramineae*, etc. Where good yields of seedlings have been obtained there has generally been little effort (in comparison with the care taken of artificial plantations) to tend and protect them. In some quarters this may be due to the conviction that, as most British beechwoods are of rather poor quality, it is better to restock them with plants derived from high quality stands elsewhere.

In these and other ways does man directly (as well as indirectly through control of the rabbit and grazing animals) influence the capacity of the beech to regenerate. Albeit near the margin of its range, this handsome tree produces seed in sufficient amount in most parts of lowland Britain to maintain itself : but the small extent of the woods, combined with the prevalence of pigeons and rabbits, prohibits regeneration in many districts ; degradation of the surface soil on the acid formations of the north and west makes the beechwood an ephemeral vegetation type in those conditions ; while on many of the soils suitable for the continuous existence of beechwood the agressive blackberry creates a difficult problem for the forester. Optimum conditions occur on brown calcareous soils (mainly over the Cretaceous and Jurassic limestones), where the mainly herbaceous flora does not compete so harmfully with beech seedlings as on moister soils and where the porous mull surface is favourable to germination.

LITERATURE

(1) Ardo, P. and Lindquist B. 1947. On Laspeyresia grossana, a pest in the beechwoods of north-west Europe. *Medd. Statens Skogsforsknings Institut*, **36**, 4. (1-30).

(2) Bourne, R. 1945. Neglect of natural regeneration. *Forestry*, XIX (33-40).
(3) Brown, J. M. B. 1953. Studies on British beechwoods. *Forestry Commission Bulletin*, N°. 20, London. H.M.S.O.
(4) Harley, J. L. 1939. The early growth of beech seedlings under natural and artificial conditions. *Journal of Ecology*, **27** (384-400).
(5) Lindquist, B. 1931. Den Skandinaviska Bokskogens Biologi. *Svenska Skogs-Fören. Tidschrift*, **3** (179-532).
(6) Matthews, J. D. 1955. The influence of weather on the frequency of beech mast years in England. *Forestry*, XXVIII, 2, (107-116).
(7) Nyholm, I. 19543. Opbevaring af Bogeolden. *Dansk. Skov. Tidskrift*, **29**, 3. (153-159).
(8) Rohmeder, E. 1951. Beiträge zur Keimungsphysiologie der Forstpflanzen. XI. Versuche über Frostschäden an Buchenkeimlingen. *Bayerischer Landwirtschaftsverlag*, München (pp. 96-100).
(9) Watt, A. S. 1923. On the ecology of British beechwoods, with special reference to their regeneration. *Journal of Ecology*, **11**, 1 (1-48).

Summary.

Whereas most existing British beechwoods were planted, often on land previously treeless, or occupied by other species, there is sufficient evidence that the beech spread to Britain naturally in post glacial times. At moderate altitudes, except in the extreme north, it is clearly within its range of climatic tolerance ; seed is produced abundantly in favourable years ; and thriving stands of natural regeneration are occasionally observed. Yet no feature of British beechwoods impresses most visitors so much as the scarcity of natural seedlings.

In the maritime climate, certain of the usual obstacles to regeneration act with peculiar intensity. Attempts to assess the main sources of loss are confused by local and seasonal variations : nevertheless it seems that the appearance of beech seedlings depends mainly on two conditions : (a) the size of the mast ; (b) the population of mice. Once seedlings appear, their fate is bound up with numerous interconnected factors : but (c) the density of the canopy ; (d) the subordinate vegetation ; and (e) the abundance of rabbits, seem of outstanding importance. In some circumstances the wood pigeon may destroy much seed ; occasionally, as in June 1957, drought is a decisive source of loss after germination.

Effective intervention of the forester depends on the accuracy of his appraisal of the factors of local significance.

Aspects écologiques de la régénération des hêtraies britanniques

Résumé.

Bien que la plupart des hêtraies britanniques furent plantées souvent en terrain nu ou occupé par d'autres espèces, il existe suffisamment de preuves que le hêtre s'est répandu naturellement en Grande Bretagne à l'époque post-glaciaire.

Aux altitudes modérées, sauf à l'extrême Nord du pays, le hêtre se trouve nettement dans sa zone de tolérance climatique ; les graines sont produites

en abondance en années favorables ; et des bouquets prospères de semis naturels sont occasionnellement observés. Cependant le caractère le plus impressionnant des hêtraies britanniques est la rareté des semis naturels.

En climat maritime, certains des obstacles habituels à la régénération agissent avec une intensité particulière.

Les tentatives d'estimation des principales causes sont compliquées par des variations locales et saisonnières. Néanmoins, il semble que l'apparition des semis de hêtre dépend principalement de deux conditions : a) l'importance de la fructification et b) la population des rongeurs.

Dès l'apparition des semis, leur sort est lié à de nombreux facteurs concomitants parmi lesquels : c) la densité du couvert, d) la couverture vivante et e) l'abondance des lapins, paraissent d'importance primordiale. Dans certains cas le ramier peut détruire de nombreuses graines ; occasionnellement, la sécheresse, comme en juin 1957, est une cause décisive de pertes après la germination.

L'intervention effective du forestier dépend de l'exactitude de son estimation du rôle local des divers facteurs.

Ökologische Aspekten der natürlichen Verjüngung in britischen Buchenwäldern

ZUSAMMENFASSUNG.

Es ist allgemein bekannt dass die meisten heutigen britischen Buchenwälder in einmal baumlosen oder von anderen Holzarten bewachsenen Gebieten, künstlich angebaut worden sind.

Doch sind das natürliche Vorkommen der Buche und sogar ihre postglaziale Verbreitung in Grossbritannien genau festgestellt worden.

Bis zu einer gewissen Seehöhe, mit Ausnahme der hochnordischen Landteilen, ist die Buche innerhalb ihres Klimaareales. In günstigen Jahren, ist der Samen reichlich vorhanden und erstklassische Bestände die aus natürlicher Verjüngung entstanden sind, werden hier und da beobachtet. Was aber den Besucher der britischen Buchenwälder am meistens aufällt, ist das Fehlen oder das geringe Vorkommen von natürlichen Buchensämlingen.

In ozeanischen Klimagebieten, wirken gewisse verjüngungshemmende Faktoren besonders stark ein. Die Ursachen weil grosse Mengen Jungpflanzen eingehen, werden meistens in lokalen und zeitlichen Unterscheiden und Fluktuationen eingehüllt. Es scheint aber wahrscheinlich dass erfolgreiche Buchenkeimungen im allgemeinen von zwei Bedingungen abhängig sind : a) Ausgiebigkeit der Mast ; b) Waldmäusestand. Wenn aber die Sämlinge ausgekommen sind, wird ihr Schicksal mit zahlreichen eingewobenen Faktoren verbunden ; c) Deckungsgrad ; d) Bodenvegetation und e) Kaninchenstand erweisen sich von grosser Bedeutung.

Unter gewissen Verhältnissen, vernichtet die Waldtaube grosse Menge Bucheln. Gelegentlich, wie im Juni 1957, ist die Dürre die Ursache von vielen Verlusten nach der Keimung.

Eine effektive Wirkung des Forstwirtes wird von der Genauigkeit bestimmt mit welcher er die lokale Faktoren beurteilen vermag.

La productivité des hêtraies en relation avec les milieux écologiques

par Dr. P. Dagnelie
Maître de conférences à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Introduction

Les deux exposés de ce matin nous ont permis de bien comprendre l'écologie de la hêtraie d'Europe occidentale. Sur la base de ces connaissances écologiques, nous pouvons aborder en toute sécurité l'étude des *problèmes techniques* que posent nos hêtraies. Et, parmi ces problèmes, les *questions de productivité* dont je vais vous entretenir maintenant sont *particulièrement dignes d'intérêt.* En effet, comme l'a écrit Cajander, il ne faut jamais oublier que « dans une sylviculture réglée, la détermination de la productivité de la station est indispensable, puisqu'elle est la condition nécessaire de tous les calculs forestiers de la production et de la rentabilité ; car c'est seulement lorsqu'on connait la fertilité du lieu, qu'il est possible de déterminer l'essence, la révolution, le traitement sylvicole qui sont les plus rémunérateurs » (Cajander 1943).

Comme l'indique par ailleurs le titre de mon exposé, j'envisagerai les questions de productivité *en relation surtout avec les milieux écologiques*, et je précise : en relation avec les milieux écologiques définis au sens le plus large. J'entends par là que je considérerai à la fois des types de végétation définis à partir d'observations floristiques et des types définis à partir d'observations écologiques au sens strict.

Pour éviter tout malentendu sur la portée de mon exposé, je dois également faire *deux restrictions*. D'une part, certaines des observations que je ferai au sujet du hêtre sont propres à cette essence et ne peuvent être étendues *ne varietur* à d'autres essences plus plastiques. D'autre part, j'envisagerai essentiellement ici la productivité des forêts où le hêtre se développe dans des conditions analogues à celles de la futaie pure, équienne et de densité normale, c'est-à-dire exclusivement les futaies pures ou presque pures, soit équiennes à proprement parler, soit soumises au jardinage par bouquets, soit traitées par la méthode des coupes progressives par bouquets (Poskin 1949).

Mon sujet étant ainsi délimité, *je considérerai successivement la productivité des hêtraies à trois points de vue différents : les buts à atteindre, les méthodes utilisées et les résultats obtenus.*

Les buts

Les études liant la productivité forestière aux milieux écologiques ont généralement pour objet *soit de comparer* la productivité moyenne de deux ou de plusieurs types de forêts préalablement définis, *soit d'estimer* cette productivité. Ce dernier problème, le problème d'estimation, revêt lui-même *deux aspects* : non seulement on peut s'efforcer de déterminer la productivité moyenne d'un petit nombre de types forestiers préalablement définis, mais en outre, en l'absence de tels types, on peut se fixer comme but de trouver une relation mathématique liant d'une façon adéquate la productivité des stations à une ou plusieurs variables aisément mesurables. Ces variables pourront être de nature floristique (abondance ou fréquence de certaines espèces) ou de nature écologique (épaisseur d'un horizon pédologique, richesse minéralogique, etc).

D'autre part, les études de productivité forestière se subdivisent également en fonction de la *caractéristique de production* à laquelle on s'intéresse. Le plus souvent, on considère simplement la *production annuelle moyenne en matière ligneuse par hectare à un âge de référence*, mais on peut également envisager d'étudier la qualité de cette production et même sa valeur. Pour la facilité de l'exposé, j'appellerai ces trois caractéristiques différentes respectivement *productivité quantitative (ou en volume)*, *productivité qualitative et productivité en argent.*

Dans la suite de l'exposé, je considérerai successivement la productivité quantitative, en ce qui concerne les méthodes utilisées, les résultats obtenus en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg et, enfin, les résultats obtenus dans d'autres pays. Après quoi je parlerai plus rapidement de la productivité qualitative et de la productivité en argent (1).

La productivité en volume : méthodes de comparaison et d'estimation

Pour atteindre complètement et rapidement les buts de comparaison et d'estimation que nous nous sommes proposés, nous devons disposer d'une *méthode possédant certaines qualités essentielles.* La méthode adoptée

(1) Un grand nombre de points relatifs à la productivité en volume (méthodes utilisées et résultats obtenus en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg) ont été considérés d'une manière plus détaillée précédemment (Dagnelie 1956-1957 et 1957, Dagnelie *et al.* 1960). En conséquence, la justification de nombreuses affirmations contenues dans le texte présent doit être trouvée dans ces travaux, de même que de nombreuses références bibliographiques antérieures à 1955.

doit évidemment donner des *résultats exacts et suffisamment précis*. Mais, en outre, il est indispensable qu'elle soit d'une *utilisation aisée*, pour permettre la prise en considération d'un nombre suffisant de stations et il faut qu'elle donne autant que possible des résultats que je qualifierai volontiers d'*instantanés* : je veux dire par là que les résultats ne doivent pas être obtenus seulement à l'issue d'une période plus ou moins longue, comme l'imposent par exemple les méthodes basées sur la comparaison d'inventaires successifs. C'est surtout au point de vue de ces différentes qualités fondamentales que j'envisagerai ici les principales méthodes de comparaison et d'estimation de la productivité en volume.

Les *méthodes directes* tout d'abord. Leur *principe* est d'estimer directement la production en matière ligneuse de chaque station et de considérer comme *critère de productivité ou critère de station* soit le volume total produit à un âge donné, soit l'accroissement annuel moyen total à cet âge de référence, soit enfin, en futaie jardinée, l'accroissement annuel moyen. La productivité étant ainsi déterminée pour chacune des stations étudiées, les problèmes de comparaison et d'estimation ne soulèvent aucune difficulté.

Deux méthodes permettent de calculer directement la production d'un peuplement : d'une part, l'exécution de diverses mensurations et de *sondages à la tarière*, d'autre part, en futaie jardinée surtout, la réalisation d'inventaires successifs et la *comparaison de ces inventaires*. Malheureusement, aucune de ces deux méthodes ne possède toutes les qualités requises : la première est longue à utiliser, la seconde, en outre, ne fournit pas des résultats instantanés.

Le principe des *méthodes indirectes* est de caractériser la productivité des peuplements à l'aide d'un critère quelconque, qui est lui-même étroitement lié à la production en volume. Ces critères de station indirects sont généralement des caractéristiques quantitatives des peuplements et, en particulier, des caractéristiques de *hauteur*. Il existe en effet une relation simple et relativement étroite entre la hauteur et la production en volume d'un peuplement, indépendamment du mode de traitement et, en première approximation, de la qualité de la station et de l'âge des arbres : en fait, *différents peuplements ayant atteint la même hauteur totale ont produit sensiblement le même volume de matière ligneuse, quels que soient leur âge, le traitement auquel ils ont été soumis et la qualité des stations qu'ils occupent.*

Cette importante constatation, due à Eichhorn et vieille de plus d'un demi-siècle (Eichhorn 1904), a été mise en doute par certains auteurs, récemment encore par Assmann (1955 et 1959) et Magin (1958). D'autres auteurs, par contre, se sont efforcés de vérifier expérimentale-

ment cette relation. Les résultats obtenus indépendamment par Etter (1949) et, plus récemment, par Günther (1955) et par Moosmayer (1957) sont tout à fait concluants : ils permettent d'affirmer que, *dans le cas du hêtre, la production en volume peut être déterminée à partir de la hauteur du peuplement avec un écart-type inférieur à 9* %, c'est-à-dire aussi une erreur moyenne inférieure à 7 % de la production réelle.

Jusqu'à présent, j'ai volontairement parlé de la hauteur du peuplement en termes très vagues, car il existe de nombreuses définitions de cette hauteur. En fait, les forestiers ont utilisé initialement comme critère de station la *hauteur moyenne de tout le peuplement.* Mais, très rapidement, ils se sont rendu compte que cette hauteur moyenne est influencée notamment par l'éclaircie et que, pour éviter cet inconvénient, il suffit de lui substituer la *hauteur moyenne d'une fraction du peuplement* : soit la hauteur moyenne d'un certain nombre ou d'une certaine proportion des bois les plus hauts ou les plus gros, soit la hauteur moyenne des arbres dominants et, éventuellement, codominants. De nombreux travaux ont été consacrés récemment encore à la définition et à la comparaison de telles hauteurs moyennes, appelées notamment en français *hauteur dominante ou hauteur supérieure*, en anglais *top height* et en allemand *Oberhöhe* (Assmann 1959, Kramer 1959, Pardé 1956).

Si elle permet de *comparer* la productivité de différents peuplements, la relation de Eichhorn ne permet toutefois pas, en l'absence de toute autre mesure, d'*estimer* cette productivité. Pour réaliser cette seconde opération, il faut en effet disposer de *tables de production* adéquates ou d'autres résultats qui permettent de chiffrer la relation existant entre la hauteur et la production des peuplements. L'utilisation et la validité des tables de production ont été discutées elles aussi par certains auteurs ; mais il faut constater que, comme pour la relation de Eichhorn, les critiques émises l'ont été surtout à propos de l'épicéa, qui est une essence fondamentalement moins stable que le hêtre (Assmann 1959, Mitscherlich 1959a et 1959b, Prodan 1958). Les travaux de Mitscherlich (1950) et de Wiedemann (1951, p. 248) soulignent en tout cas la *remarquable homogénéité de la croissance du hêtre* à travers toute son aire de dispersion.

Le *passage des données de hauteur aux tables de production* se réalise en fait très aisément lorsqu'on a quelques notions de l'âge des peuplements et, éventuellement, de l'écart entre la hauteur moyenne utilisée comme critère de station et la hauteur moyenne des peuplements complets : c'est en effet cette dernière caractéristique qui est généralement considérée dans les tables de production.

Les *critères de productivité* utilisables sont alors soit la hauteur effectivement mesurée, soit la hauteur moyenne du peuplement à un âge

de référence, soit l'accroissement annuel moyen en volume à cet âge de référence. Ces deux dernières caractéristiques peuvent être appelées *productivité absolue en hauteur* et *productivité absolue en volume*, en réservant le terme de *productivité relative* aux classes de productivité qui ont été définies plus ou moins arbitrairement lors de l'établissement des tables. Déduit des tables de Wiedemann, le tableau 1 donne, à titre d'indication, la correspondance entre ces différents critères de productivité pour des hêtraies fortement éclaircies (starke Durchforstung).

Tableau 1

Correspondance entre les classes de productivité (productivité relative), **la hauteur moyenne du peuplement** (à 100 ans : productivité absolue en hauteur) **et l'accroissement annuel moyen en volume bois fort par hectare** (à 100 ans : productivité absolue en volume), **d'après Wiedemann et Schober** (1957)

Classe de productivité	Hauteur moyenne (m)			Accroissement annuel moyen en volume bois fort (m^3/ha)		
	à 100 ans	à 120 ans	à 150 ans	à 100 ans	à 120 ans	à 150 ans (1)
I	32,0	35,4	39,1	8,3	8,5	8,5
II	27,8	30,8	34,3	7,1	7,4	7,6
III	23,5	26,3	29,2	5,3	5,7	6,0
IV	19,2	21,8	24,3	3,8	4,1	4,4
V	14,9	17,3	19,6	2,4	2,7	3,0

Ces méthodes indirectes basées sur la connaissance de la croissance en hauteur possèdent intrinsèquement toutes les qualités requises pour comparer efficacement différents milieux écologiques. Par contre, en ce qui concerne l'estimation de la productivité, elles ne sont parfaitement adéquates que si l'on dispose de tables de production valables ou d'autres renseignements permettant de passer des hauteurs atteintes aux volumes produits. C'est en fait une méthode de ce type que j'ai appliquée en *Haute Belgique*, en admettant que les tables de production de Wiedemann sont utilisables dans cette région. Cette façon de faire se justifie facilement lorsque l'on considère l'homogénéité de la croissance du hêtre, homogénéité dont j'ai déjà parlé tout à l'heure.

Avant de passer à l'exposé des résultats, je voudrais encore donner ici *quelques précisions relatives aux méthodes utilisées dans les hêtraies de l'Ardenne et du Bas-Luxembourg.*

Dans les deux cas, des *stations* relativement homogènes à tout point de vue ont été choisies autant que possible dans les coupes forestière

(1) Les valeurs des colonnes « à 150 ans» ont été obtenues par extrapolation.

qui venaient d'être exploitées. Ce choix a le double avantage de donner un échantillon bien représentatif et de permettre la détermination de l'âge des peuplements par comptage des cernes sur des souches fraîches. Dans chaque station, la productivité de la forêt a été caractérisée par un *critère de station* qui est égal par convention à la *hauteur moyenne des cinq plus gros arbres présents sur une surface de six ares environ*, ce qui correspond approximativement à la hauteur moyenne des 40 à 50 pour-cent plus gros bois. A titre de contrôle, et pour augmenter la précision des résultats, les cinq arbres considérés ont été mesurés chacun deux fois, à l'aide d'un niveau d'Abney ou d'un dendromètre Blume-Leiss.

En ce qui concerne la *comparaison* des milieux écologiques, une distinction doit être faite entre les méthodes utilisées en Ardenne et dans le Bas-Luxembourg. *En Ardenne*, dans des peuplements fort âgés, j'ai comparé directement les hauteurs mesurées, indépendamment de l'âge, considérant ainsi que les peuplements avaient tous atteint pratiquement leur hauteur maximum. Le critère de station est en fait, dans ce cas, la hauteur moyenne *à maturité* d'une certaine fraction des plus gros bois. *Dans le Bas-Luxembourg*, par contre, les peuplements étudiés étant plus jeunes et la croissance en hauteur ne pouvant pas encore être considérée comme négligeable, les hauteurs mesurées ont été corrigées en fonction de l'âge, de telle sorte que le critère de station utilisé est finalement la hauteur moyenne d'une certaine fraction des plus gros bois *à un âge de référence de 120 ans*.

En ce qui concerne l'*estimation* de la productivité, comme je viens de le dire, ce sont les *tables de Wiedemann* qui ont été employées, en particulier les tables relatives aux peuplements fortement éclaircis. Des résultats antérieurs et des mensurations préliminaires justifient ce choix. Pour passer du critère de station à la hauteur moyenne du peuplement, j'ai pu établir d'une manière théorique que la différence entre ces deux caractéristiques oscille autour de un mètre et qu'en première approximation, cette valeur peut être utilisée comme terme correctif uniformément dans tous les peuplements. Des observations pratiques ont confirmé récemment le bien-fondé de ce résultat (Kramer 1959, Moosmayer 1957).

La productivité en volume : résultats obtenus en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg

Je passerai maintenant à l'exposé des principaux résultats obtenus en Belgique et au Grand-Duché de Luxembourg par la méthode que je viens d'esquisser. Ils sont déduits d'un ensemble de *165 stations, établies en nombres sensiblement égaux dans les hêtraies de l'Ardenne centrale et*

dans celles des marnes et macignos du Bas-Luxembourg. Les différentes estimations de productivité que je considérerai ici et dans la suite de mon exposé sont réunies en *un seul tableau* (tableau 2).

TABLEAU 2

Quelques caractéristiques de la productivité de différents types de hêtraies d'Europe occidentale (1)

Région et type de forêt	Critère de station (m)	Accroissement annuel moyen en volume bois fort (m^3/ha)	Hauteur moyenne du peuplement à 100 ans (m)	Accroissement annuel moyen en volume bois fort à 100 ans (m^3/ha)	Classe de productivité (selon Wiedemann)
Ardenne centrale (Haute Belgique) :	à maturité à 150 ans :	à maturité (150 ans) :			
hêtraie à fétuque	**31,6**	6,3	24,3	5,6	II,8
hêtraie à luzule, variantes fraîches	**27,8**	5,0	20,9	4,3	III,6
hêtraie à luzule, variantes sèches	**26,0**	4,3	19,0	3,7	IV,1
hêtraies intermédiaires	**25,4**	4,1	18,4	3,5	IV,2
hêtraie à myrtille	**22,6**	3,1	15,5	2,6	IV,9
Marnes et macignos du Bas-Luxembourg : (hêtraie à aspérule)	à 120 ans : **31,4**	à 120 ans : 7,3	27,2	6,8	II,1
Région limoneuse (Moyenne Belgique) : Forêt de Soignes	à 120 ans et plus : **35 à 39** (2)	à 120 ans et plus : **8 à 11**	(32 à 35)	(8 à 10)	(I)
Angleterre	—	—	**25,5**	**6,5**	—
Neckar (Wurtemberg)	—	—	**31**	**7,2**	I-II
	—	—	**24**	**4,7**	III
Alb souabe (Wurtemberg)	—	—	**27**	**6,3**	II-III
	—	—	**25**	**5,2**	III

(1) Dans chaque cas, les résultats initiaux sont en chiffres gras, les autres résultats étant déduits à l'aide des tables de production de Wiedemann.

(2) Pour la Forêt de Soignes, il s'agit de la hauteur moyenne de l'ensemble du peuplement.

Commençons par les *forêts de l'Ardenne centrale* et, plus particulièrement, par la *comparaison des différents milieux.* Au point de vue floristique, les hêtraies boréo-atlantiques de cette région peuvent être subdivisées en trois types principaux : la hêtraie à fétuque, la hêtraie à luzule et la

hêtraie à myrtille. Pour la facilité, j'ai ajouté à ces trois types un ensemble de variantes intermédiaires. Toutes ces forêts sont localisées dans une région de climat frais et pluvieux, sur des sols bruns acides ou ocreux, issus de roches-mères cambriennes ou dévoniennes (Dévonien inférieur).

L'*analyse statistique des résultats* montre, d'une part, que les différences de hauteur et donc aussi de productivité, que l'on observe entre les types fondamentaux, sont significatives et, d'autre part, que des différences significatives existent également au sein de certains types de forêts, entre des variantes plus étroites. Toutefois, ces dernières différences ne sont réellement intéressantes en pratique que pour la hêtraie à luzule, dans laquelle les variantes fraîches se distinguent nettement des variantes sèches (tableau 2). Celles-ci ont d'ailleurs une productivité très voisine de celle des hêtraies intermédiaires et, pour la pratique forestière, il me semble justifié de regrouper ces différentes variantes.

Notons en outre que, dans l'ensemble, les valeurs individuelles sont dispersées autour des moyennes avec un *écart-type voisin de 1,8 mètres*, ce qui correspond approximativement à un écart moyen de 1,5 mètres.

En plus des relevés phytosociologiques et des mensurations dendrométriques, les différentes stations étudiées ont été caractérisées au point de vue écologique par des observations courantes relatives, d'une part, à la topographie (topographie générale, pente, orientation, altitude) et, d'autre part, au substrat (géologie, degré d'évolution du profil, profondeur du sol, conditions de drainage et d'humification). Il est donc possible, à partir de ces données, de définir un certain nombre de *milieux écologiques au sens strict* et de comparer leur productivité. On constate alors que les *facteurs écologiques* auxquels la productivité est le plus étroitement liée sont l'orientation (pour les versants accentués seulement), l'altitude, le degré d'évolution du profil et les conditions de drainage et d'humification.

Toutefois, je ne m'étendrai pas plus longuement sur les types écologiques de hêtraies que l'on pourrait définir ainsi car, au point de vue de la productivité en tout cas, ils s'avèrent *moins intéressants que les types floristiques*. J'entends par là que, pour les forêts considérées ici, la productivité est beaucoup plus variable au sein de ces types écologiques qu'à l'intérieur des types floristiques. Et cette conclusion souligne la valeur des espèces végétales comme caractéristiques globales de la qualité des stations forestières.

En ce qui concerne l'*estimation de la productivité*, le tableau 2 réunit les valeurs des différentes caractéristiques : productivité absolue en volume et en hauteur et productivité relative. Pour déterminer les productivités absolues, j'ai adopté ici un âge de référence de 100 ans,

valeur qui est très généralement utilisée, notamment par les forestiers de langue allemande. Mais j'ai ajouté à ces renseignements l'accroissement annuel moyen à 150 ans, c'est-à-dire à un âge plus proche de l'*âge d'exploitation habituel*. On constate ainsi qu'au cours d'une révolution de 150 ans, la production en bois fort varie, selon les types phytosociologiques, de 6 à 3 mètres cubes environ par hectare et par an, ce qui correspond approximativement à une productivité relative allant de III à V, par rapport toujours aux tables de Wiedemann. Les écarts-types correspondants sont respectivement voisins de 0,6 (mètre cube) et 0,4 (classe de productivité).

Je ne donnerai pas d'estimation de la qualité des différents *milieux écologiques proprement dits* puisque, je viens de vous le dire, ceux-ci me paraissent moins intéressants que les types floristiques. Mais, avant de quitter l'Ardenne, je voudrais toutefois considérer encore le *deuxième aspect du problème d'estimation* : celui qui consiste à trouver une relation mathématique liant la productivité des peuplements à certaines caractéristiques des stations. Dans le cas présent, à partir des données floristiques, on peut obtenir *par exemple* une *équation de régression* du type suivant :

$$H = 1{,}46\ F - 1{,}97\ V + 27{,}86\,,$$

dans laquelle H représente le critère de station utilisé (en mètres), alors que F et V représentent respectivement les abondances-dominances de *Festuca silvatica* et de *Vaccinium myrtillus*, exprimées selon l'échelle de Braun-Blanquet en remplaçant le symbole + par la valeur 0,2 (1). Cette équation, apparemment très simple, sinon trop simple, est donnée *à titre d'exemple* seulement : elle n'est évidemment valable que pour des stations analogues à celles considérées ici, notamment en ce qui concerne l'éclairement. *Dans ces conditions*, cette équation permet cependant d'estimer le critère de station avec un écart-type résiduel de 2,1 mètres, c'est-à-dire une erreur moyenne de 1,7 mètres seulement. Les deux espèces considérées ici sont d'ailleurs celles qui sont le plus étroitement liées au critère de station.

D'autre part, pour les hêtraies considérées, on peut aisément établir la relation suivante entre l'accroissement annuel moyen en volume à 150 ans, exprimé en mètres cubes par hectare (A), et le critère de station (H) :

$$A = 0{,}35\ H - 4{,}75.$$

(1) Cette équation de régression multiple est déduite des moyennes et des variances des trois variables considérées (H, F et V) et des corrélations existant entre elles ($r_{HF} = 0{,}66$; $r_{HV} = -0{,}60$; $r_{FV} = -0{,}34$). La justification de la valeur conventionnelle 0,2 est donnée dans un travail de méthodologie phytosociologique (Dagnelie 1960).

On en déduit immédiatement que, *dans les mêmes conditions*,

$$A = 0{,}52\ F - 0{,}70\ V + 5{,}0,$$

ce qui permet d'estimer, avec une bonne précision, l'accroissement en volume du peuplement en fonction seulement de l'abondance de deux espèces.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus de cette façon indiquent pour nos hêtraies d'Ardenne une *productivité légèrement inférieure* à celle qui leur était attribuée d'habitude auparavant. Ces résultats sont toutefois confirmés par les observations réalisées dans la futaie de Hautfays, aménagée par la méthode du contrôle.

Si vous le voulez, passons maintenant en Gaume et plus précisément dans la *région des marnes et macignos du Bas-Luxembourg*. Les hêtraies subatlantiques méridionales qu'on y rencontre se développent dans un climat plus doux mais légèrement plus continental, sur des sols bruns beaucoup plus riches, issus de roches-mères secondaires (Lias moyen). Les résultats que je vous présente ici sont dus en grande partie à un de nos anciens étudiants, Monsieur Huberty et ont été interprétés avec l'aide de Monsieur le Professeur Noirfalise.

Par comparaison avec ce que nous venons de voir en Ardenne, on observe en Gaume une *grande uniformité de la qualité des peuplements*. En fait, l'analyse statistique montre l'existence d'une différence significative de hauteur entre les deux types principaux (hêtraies sur macignos et hêtraies sur marnes schistoïdes), mais cette différence est relativement peu importante (inférieure à 2 mètres). Je pense d'ailleurs, qu'au point de vue de leur productivité, il faut considérer ces forêts comme constituant *un échelon unique*, qui vient s'ajouter à l'échelle observée en Ardenne. On obtient alors comme *estimation moyenne* un critère de station de 31,4 mètres à 120 ans, ce qui correspond à une deuxième classe de productivité, c'est-à-dire aussi à une production annuelle moyenne à 120 ans de 7 mètres cubes par hectare environ.

Pour compléter cette esquisse de la productivité de quelques hêtraies belges et grand-ducales, je voudrais parler encore de la *Forêt de Soignes*. Il s'agit là d'une futaie d'origine entièrement artificielle, se dressant aux portes de Bruxelles dans un climat atlantique de basse altitude, très doux pour le hêtre, sur des sols excessivement riches d'origine loessique. D'après les travaux déjà anciens de Delevoy (1921 et 1945), pour des peuplements d'âge supérieur ou égal à 120 ans, la hauteur moyenne serait comprise entre 35 et 39 mètres et l'accroissement annuel moyen entre 8 et 11 mètres cubes par hectare. Ces valeurs indiquent une productivité égale ou supérieure à la première classe de Wiedemann, pour autant que ces tables soient encore applicables dans cette région.

La productivité en volume : comparaison de quelques hêtraies d'Europe occidentale

En ce qui concerne les autres pays d'Europe occidentale, j'aurais voulu vous présenter ici un *tableau synthétique* de la productivité des hêtraies. Malheureusement, il n'est pas tellement fréquent qu'un pont soit jeté entre la phytosociologie et l'écologie d'une part, la dendrométrie d'autre part. Il existe bien de nombreuses descriptions phytosociologiques et écologiques des hêtraies ; il existe aussi de nombreuses tables de production relatives aux hêtraies ; mais il est bien rare que la productivité de ces forêts soit mise en relation d'une manière détaillée avec leur écologie. Néanmoins, je vais m'efforcer de vous présenter *quelques résultats partiels*, en les rendant autant que possible comparables.

Monsieur Brown, que nous venons d'applaudir, a étudié en détail l'écologie et la productivité des *hêtraies anglaises* (Brown 1953). Son importante étude a montré que la qualité des peuplements anglais n'est pas étroitement liée aux différents types de hêtraies, définis notamment en fonction des roches-mères géologiques. Ce fait s'expliquerait partiellement par l'influence prépondérante du climat local et plus particulièrement par l'action éminemment variable des vents. Je donnerai donc ici un résultat global valable, semble-t-il, pour l'ensemble des hêtraies anglaises.

En fait, bien que dans son travail initial, Monsieur Brown ait utilisé les tables danoises de Möller, j'ai préféré employer maintenant les *tables anglaises* qui ont paru plus récemment (Waters et Christie 1958). A l'aide de ces tables et à partir des hauteurs moyennes publiées par Monsieur Brown, on peut montrer facilement que, *dans l'ensemble*, les hêtraies anglaises se trouvent comprises entre une deuxième et une troisième classe de productivité, ce qui indique à 100 ans une hauteur moyenne de 25 à 26 mètres et un accroissement annuel moyen voisin de 6,5 mètres cubes par hectare. Remarquons encore, d'une part, que la *recoupe* considérée ici donne un volume légèrement inférieur à notre volume bois fort et, d'autre part, que la valeur 6,5 correspond au *maximum de l'accroissement annuel moyen*, maximum qui est reporté sensiblement plus tard d'après les tables de Wiedemann.

Des résultats fort intéressants ont également été obtenus dans *différentes régions du Wurtemberg*, notamment par Günther et par Moosmayer. *Dans la vallée du Neckar*, au nord de Stuttgart, Günther a défini plusieurs types de hêtraies occupant des sols d'origine triasique (Günther 1955). A titre d'indication, le tableau 2 donne quelques caractéristiques du type le meilleur (« Frischer Buchen-Ahornwald auf Feinlehm »)

et du type le moins bon (« Bodensaurer Buchen-Eichenwald auf sandigen Lehm oder lehmigen Sand »). On constate que l'un est intermédiaire entre une première et une deuxième classe de Wiedemann, alors que l'autre correspond à une troisième classe. *Dans l'Alb souabe*, sur roche-mère jurassique, MOOSMAYER a obtenu à deux reprises des résultats très semblables (Moosmayer 1955 et 1957). Le tableau 2 indique de la même manière quelques caractéristiques des types extrêmes définis dans le second travail de Moosmayer («Weissjura-Hangbuchenwald» et « Hainsimsen-Buchenwald auf Schlufflehm »).

J'arrêterai ici cet *examen rapide de la productivité en volume de différents types de hêtraies d'Europe occidentale*. Non pas parce que je crois avoir passé ainsi en revue *tous* les travaux qui envisagent la qualité des hêtraies en fonction de leur écologie mais, je l'ai déjà dit, parce que, de toute façon, ces travaux sont encore trop peu nombreux pour élaborer un tableau d'ensemble suffisamment complet.

La productivité qualitative

En ce qui concerne la *productivité qualitative*, les résultats sont plus fragmentaires encore et je vous ferai part seulement de quelques observations relatives à la Belgique.

Le problème de la qualité de la production ligneuse peut lui-même être envisagé à *différents points de vue*. D'une part, on peut étudier la *répartition des arbres exploités selon les catégories de grosseur* (en diamètre ou en circonférence) ou *selon les catégories marchandes* auxquelles ils appartiennent. D'autre part, il est possible d'envisager la répartition de la production *selon les utilisations possibles* (bois de feu, bois de mine, bois d'œuvre, etc.). Enfin, on peut s'intéresser aussi aux *qualités technologiques* de la production ligneuse.

Le premier aspect, la *répartition en catégories de grosseur*, peut être étudié soit directement, à partir de mensurations nécessairement nombreuses faites en forêt, soit indirectement, à l'aide de *tables d'assortiment*. C'est ce deuxième procédé que j'ai appliqué à nos hêtraies.

Utilisant les tables de production de Wiedemann (éclaircies fortes) et les tables d'assortiment de Prodan (1953), j'ai calculé la *répartition du volume bois fort selon des classes de diamètre de deux centimètres d'amplitude*, pour le peuplement principal et, de 5 en 5 ans, pour les produits prélevés en éclaircie (peuplement intermédiaire). La somme de ces différentes distributions permet d'obtenir aisément, pour chaque classe de productivité, la répartition du volume total produit (peuplement principal et peuplement intermédiaire), selon n'importe quel système de catégories de grosseur, exprimées soit en diamètre soit en circonférence.

Le tableau 3 donne, en pour-cent des volumes totaux, les répartitions obtenues *pour trois classes de grosseur*, à 140 ans, âge maximum des tables de Wiedemann. Ces trois classes de grosseur ont été délimitées en fonction des catégories marchandes généralement utilisées en Belgique, dont j'aurai besoin tout à l'heure. Les *résultats arrondis* des trois premières colonnes ont été obtenus directement par le calcul, alors que les valeurs contenues dans les deux dernières colonnes sont moins précises, car elles ont été obtenues par extrapolation. En effet, le calcul direct n'est pas possible, les tables de Wiedemann relatives aux éclaircies fortes ne donnant pas, pour les classes IV et V, les nombres de bois et les diamètres moyens [1].

Tableau 3

Répartition du volume total produit à 140 ans
(peuplement principal et peuplement intermédiaire)
en trois classes de grosseur (en pour-cent du total)

Classes de grosseur	Classes de productivité				
	I	II	III	IV	V
Petits bois (0-90)	30	35	40	45	50
Bois moyens (90-150)	30	35	45	50	50
Gros bois (> 150)	40	30	15	5	—

A partir de ce tableau 3, il est possible de calculer, pour les principaux types de hêtraies, la répartition de la production en classes de grosseur. *Pour l'ensemble des bois moyens et des gros bois*, on trouve alors, comme estimation de la production annuelle moyenne par hectare *à 140 ans*,

en Forêt de Soignes : 6 à 7 mètres cubes, avec une majorité de gros bois ;

dans le Bas-Luxembourg : environ 5 mètres cubes, avec une petite majorité de bois moyens ;

et *en Ardenne* : 2,5 mètres cubes, en moyenne, avec une très grosse majorité de bois moyens, les valeurs caractéristiques des types fo-

(1) On obtiendrait des résultats presque identiques en substituant aux tables d'assortiment de Prodan celles, plus sommaires, publiées par Mitscherlich (1939).

restiers extrêmes de l'Ardenne étant respectivement 4 mètres cubes environ (hêtraie à fétuque) et moins de 1,5 mètres cubes (hêtraie à myrtille).

Ces résultats ne sont évidemment qu'*approchés* et, de plus, ils sont valables seulement pour des peuplements normalement denses et exploités à 140 ans, après avoir été éclaircis comme le supposent les tables de Wiedemann. Néanmoins, ils permettent de tirer des conclusions fort intéressantes.

Je parlerai moins longuement du second aspect de la productivité qualitative : la *répartition selon les possibilités d'utilisation.* La seule observation que je ferai à ce sujet est la suivante : d'après les tables de Grundner et Schwappach (1952), pour des hêtres de plus de 60 centimètres de circonférence, en supposant que la longueur du fût est légèrement inférieure à la moitié de la hauteur totale, *le rapport du bois de fût au bois fort est proche de* 6/10, presque indépendamment de la grosseur des bois et de la qualité des stations. Cela revient à dire que, pour des hêtraies de bonne conformation, on peut déterminer approximativement le *volume* « *bois de fût* » des tiges de plus de 90 centimètres de tour (gros bois et bois moyens) en réduisant encore de 40 pour-cent environ les volumes que je viens d'indiquer.

Enfin, il me reste à étudier également les *qualités technologiques des bois exploités.* En l'absence de mesures précises, qui devraient être exécutées en très grand nombre, tant en forêt qu'au laboratoire, je me contenterai de vous signaler les résultats de *quelques observations rapides.*

Au cours du travail que j'ai réalisé *en Ardenne*, j'ai noté aussi, dans chaque station, diverses caractéristiques du peuplement, notamment la *conformation extérieure des fûts* et l'*état sanitaire du bois.* Ces deux caractéristiques sont étroitement liées aux types phytosociologiques principaux que j'ai déjà considérés tout à l'heure. On observe par exemple que la conformation des fûts est toujours bonne dans la hêtraie à fétuque et défectueuse à très défectueuse dans la hêtraie à myrtille. De même, l'état sanitaire du bois, qui reflète essentiellement l'existence de pourriture rouge, d'entre-écorces et d'autres défauts, est généralement bon ou moyen dans la hêtraie à fétuque, alors qu'il est le plus souvent défectueux dans la hêtraie à myrtille.

Dans l'ensemble donc, toutes les observations relatives à la productivité qualitative convergent pour accentuer encore les écarts qui existent entre les différents types de hêtraies.

La productivité en argent

Et, pour terminer mon exposé, j'ai promis de vous parler rapidement de la *productivité en argent*. Malheureusement, ici encore, je serai bien *peu précis*, car il s'agit également d'un domaine très mal connu. Cela provient de ce que la valeur de la production ligneuse dépend d'un *très grand nombre de facteurs*, notamment de la qualité de cette production (grosseur des bois, possibilités d'utilisation, qualités technologiques), des conditions d'exploitation (importance de la coupe, qualité des voies de vidange) et de la situation du marché (offre et demande de bois).

En ce qui concerne les hêtraies belges, j'ai effectué les calculs suivants. D'une part, j'ai déterminé comme tout à l'heure la *répartition des bois en catégories marchandes* : 0 à 40 centimètres de circonférence, 40-70, 70-90, 90-120, 120-150, 150-180, 180-200 et plus de 200 centimètres. Il s'agit donc d'une répartition plus détaillée que celle donnée précédemment.

D'autre part, d'après les « moyennes des prix résultant de ventes caractéristiques », moyennes qui sont publiées régulièrement par la Société royale forestière, j'ai calculé le *prix de vente moyen de chaque catégorie* au cours des deux exercices écoulés (ventes 1959 et 1960) et cela pour chacune des régions considérées : région limoneuse, Gaume et Ardenne.

A partir de ces deux séries de résultats, il est alors facile de déterminer la *valeur approximative de la production annuelle moyenne à 140 ans*, dans chacun des massifs forestiers. *En Forêt de Soignes*, on obtient ainsi une valeur voisine de 6000 francs belges par hectare, *en Gaume* 3000 francs environ et, *en Ardenne*, près de 1500 francs seulement. De plus, dans cette dernière région, on peut estimer que la valeur de la production varie, selon les types phytosociologiques, de 500 à 2000 francs environ, la production ligneuse pouvant même être dénuée de toute valeur marchande dans les cas extrêmes, puisque les coupes des hêtraies à myrtille sont parfois livrées intégralement aux affouagers comme bois de feu. J'insiste sur le fait que ces *estimations approchées* sont données *à titre purement indicatif* et je fais remarquer que ces résultats ne tiennent aucun compte des frais de production.

Néanmoins, ces chiffres accentuent encore les écarts observés entre les différentes régions et, en Ardenne, entre les différents types de hêtraies.

Conclusions

Les *conclusions* que l'on pourrait tirer de l'étude que je viens de vous présenter sont *très variées*. Il est possible tout d'abord d'exploiter les résultats obtenus en vue d'améliorer la gestion des forêts en question, *notamment* en tenant compte d'une manière plus précise des différences observées entre les régions et entre les types de hêtraies. Mais je laisserai au sylviculteur et à l'aménagiste le soin de conclure dans ce sens, car mon but aujourd'hui est seulement de leur donner des informations aussi précises que possible et non de me substituer à eux pour interpréter ces informations. J'en suis convaincu et j'y insiste : il s'agit là de renseignements dont devraient *toujours* disposer le sylviculteur et l'aménagiste, dans chaque région et pour toutes les essences qui y sont exploitées. Et cela, d'autant plus que ces renseignements peuvent être obtenus le plus souvent en quelques années seulement. En effet, à l'aide de méthodes analogues à celles sur lesquelles je me suis apesanti quelque peu, les résultats ne sont plus obtenus après un quart de siècle ou un demi-siècle, mais bien après un ou deux ans seulement, c'est-à-dire, à l'échelle de la sylviculture, *instantanément*.

En fait, c'est dans ce sens que je me contenterai de conclure. Parallèlement à l'élaboration de tables de production toujours plus nombreuses, plus précises et plus complètes, *je pense qu'il faudrait donner plus d'importance aux études rapides qui mettent en relation la productivité forestière et les milieux écologiques, pour le hêtre comme pour toutes les autres essences. De telles études nous permettraient de mieux connaitre nos forêts, dans dix ans et non dans cinquante.*

BIBLIOGRAPHIE

Assmann, E. 1955. Die Bedeutung des « erweiterten Eichhornschen gesetzes » für die Konstruktion von Fichten-Ertragstafeln. *Forstwiss. Centralbl.*, **74**, 321-330.

Assmann, E. 1959. Höhenbonität und wirkliche Ertragsleistung. *Forstwiss. Centralbl.*, **78**, 1-20.

Brown, J. M. B. 1953. Studies on British beechwoods. *For. Comm, Bull.* **20**, London, 100 pp.

Cajander, A. K. 1943. Nature et importance des types de forêt. *Intersylva*, **3**, 169-209.

Dagnelie, P. 1956-1957. Recherches sur la productivité des hêtraies d'Ardenne en relation avec les types phytosociologiques et les facteurs écologiques. *Bull. Inst. agron. Stat. Rech. Gembloux*, **24**, 249-284 et 369-410 ; **25**, 44-94.

Dagnelie, P. 1957. Quelques données nouvelles sur la productivité des hêtraies d'Ardenne. *Bull. Soc. roy. for. Belgique*, **64**, 513-534.

DAGNELIE, P. 1960. Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.* (Montpellier), sér. B., 5, 7-71, et 93-194.

DAGNELIE, P., HUBERTY, J. P. et NOIRFALISE, A. 1960. Recherches sur la productivité des hêtraies des macignos et des marnes du Bas-Luxembourg. *Bull. Inst. agron. Stat. Rech. Gembloux*, **28**, 18-32.

DELEVOY, G. 1921. Notes sur l'accroissement du hêtre dans la Forêt de Soignes. *Bull. Soc. centr. for. Belgique*, **24**, 579-599.

DELEVOY, G. 1945. La hêtraie sonienne dans le domaine du hêtre. *Bull. Soc. centr. for. Belgique*, **52**, 217-243.

EICHHORN, F. 1904. Beziehungen zwischen Bestandeshöhe und Bestandesmasse. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* **80**, 45-49.

ETTER, H. 1949. Ueber die Ertragsfähigkeit verschiedener Standortstypen. *Mitt. Schweiz. Anst. forst. Versuchsw.*, **26**, 91-151.

GRUNDNER, F. et SCHWAPPACH, A. 1952. Massentafeln zur Bestimmung des holzgehaltes stehender Waldbaüme und Waldbestände. Parey, Berlin, 216 pp.

GÜNTHER, M. 1955. Untersuchungen über das Ertragsvermögen der Hauptholzarten im Bereich verschiedener Standortseinheiten des württembergischen Neckarlandes. *Mitt. Ver. forst. Standortskart.*, **4**, 5-31.

KRAMER, H. 1959. Die Oberhöhe als Bestandesmerkmal. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, **130**, 241-255.

MAGIN, R. 1958. Ueber die Brauchbarkeit des forstlichen Bonitätsbegriff. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, **129**, 145-150.

MITSCHERLICH, G. 1939. Sortenertragstafel für Kiefer, Buche, Eiche. *Mitt. Forstwirt. Forstwiss.*, **10**, 484-568.

MITSCHERLICH, G. 1950. Die Bedeutung der Wuchsgebiete für das Bestandeswachstum von Buche, Eiche, Erle und Birke. *Forstwiss. Centralbl.*, **69**,184-211.

MITSCHERLICH, G. 1959a. Fichtenwachstum und Ertragstafelfrage. *Allg. Forstzeitschrift*, **14**, 509-513.

MITSCHERLICH, G. 1959b. Das Fichtenwachstum in Baden-Württemberg im Vergleich zur Ertragstafel von Wiedemann. *Allg. Forstzeitschrift*, **14**, 521-524.

MOOSMAYER, H. U. 1955. Die Wuchsleistungen der Fichte und Buche auf den wichtigsten Standortseinheiten im Forstamt Königsbronn. *Mitt. Ver. forst. Standortskart.*, **4**, 52-60.

MOOSMAYER, H. U. 1957. Zur ertragskundlichen Auswertung der Standortsgliederung im Ostteil der Schwäbischen Alb. *Mitt. Ver. forst. Standortsk. Forstpflanzenz.*, **7**, 3-41.

PARDÉ, J. 1956. Une notion pleine d'intérêt : la hauteur dominante des peuplements forestiers. *Rev. for. franç.*, **8**, 850-856.

POSKIN, A. 1949. Traité de sylviculture. Duculot, Gembloux, 530 pp.

PRODAN, M. 1953. Die Verteilung des Vorrats gleichaltriger Hochwaldbestände auf Durchmesserstufen. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*, **124**, 93-106.

PRODAN, M. 1958. Zur Ertragstafelfrage. *Allg. Forstzeitschrift*, **13**, 521-523.

WATERS, W. T. et CHRISTIE, J. M. 1958. Provisional yield tables for oak and beech in Great Britain. *For. Comm., For. Record*, 36, London, 31 pp.

WIEDEMANN, E. 1951. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Sauerländer, Frankfurt a.M., 346 pp.

WIEDEMANN, E. et SCHOBER, R. 1957. Ertragstafeln wichtiger Holzarten bei verschiedener Durchforstung. Schaper, Hannover, 193 pp.

Résumé.

L'étude des relations entre la productivité des forêts et les milieux écologiques a pour but, d'une part, d'estimer la production en volume d'un certain nombre de types forestiers caractérisés notamment par les milieux écologiques qu'ils occupent et, d'autre part, de comparer entre elles les productions de ces différents types forestiers. Aux renseignements relatifs à la production en volume (productivité quantitative), peuvent s'ajouter des informations relatives à la qualité et à la valeur de cette production (productivité qualitative et productivité en argent).

Le présent travail envisage ces différents points de vue en ce qui concerne les hêtraies d'Europe occidentale. Une place importante y est réservée aux méthodes utilisées et aux résultats obtenus en Belgique dans l'étude de la production en volume des hêtraies.

The productivity of beechwoods in relation to the ecological environment

Summary.

The study of the relations between forest productivity and ecological environment is aimed, on the one hand, at estimating the production in volume of a certain number of types of forests characterized by its ecological environment and, on the other hand, at comparing the production of those various types of forests. To the information concerning the production in volume (quantitative productivity), data in relation to the quality and the money value of this production can be added (qualitative productivity and productivity in money).

This paper considers those different points of view for the beechwoods of Western Europe. It is mainly concerned with the methods used and the results obtained in Belgium in the study of production in volume of the beechwoods.

Die Produktivität der Buchenbestände in Beziehung zu den ökologischen Bedingungen

Zusammenfassung.

Die Erforschung der Beziehungen zwischen der Produktivität der Forsten und den ökologischen Bedingungen hat einerseits die Abschätzung der Volumenproduktion einer gewissen Anzahl von Forsttypen, die besonders durch die Umweltbedingungen charakterisiert sind, andererseits den Vergleich der Produktion dieser verschiedenen Typen unter sich zum Ziel. Für die Aufschlüsse in Bezug auf die Volumenproduktion (quantitative Produktivität) können Ermittlungen in Bezug auf die Qualität und den Wert dieser Produktion hinzukommen (qualitative Produktivität und Geldwert).

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit diesen verschiedenen Gesichtspunkten für die Buchenbestände in Westeuropa. Besonders die angewandten Methoden und die erzielten Ergebnisse in Belgien bei den Forschungen über die Volumenproduktion von Buchenbeständen werden eingehend geschildert.

Les problèmes sylvicoles de la hêtraie en Europe occidentale

par P. Silvy-Leligois
Professeur à l'École nationale des Eaux et Forêts, Nancy (France)

Avant-propos

La tâche impartie au sylviculteur est pleine d'embûches, car elle ne vise plus une étude statique de la hêtraie, ou des hêtraies de l'Europe occidentale, mais bien leur évolution.

Cette étude dynamique est, en partie, réglée par la pédologie et par l'écologie de la régénération, comme l'ont montré les exposés précédents. Il semble cependant nécessaire d'aborder le problème de la dynamique des hêtraies sous un autre angle, qui est celui de l'évolution historique de ces peuplements d'une part et de leur avenir d'autre part.

Nous n'envisagerons ce problème que pour les hêtraies françaises, manquant de données pour les autres régions de l'Europe occidentale. Les mêmes questions doivent cependant se poser à ceux qui sont chargés, dans leurs pays, d'orienter la politique forestière et par conséquent de déterminer la part à réserver à chaque essence dans la production. Pour le hêtre, le problème n'est pas propre à la France ; nous n'en voulons pour preuve que l'inquiétude dont se faisait récemment l'écho une revue forestière d'Allemagne fédérale, demandant aux techniciens d'augmenter la production de bois de hêtre tendre et propre au déroulage, afin de réduire les importations.

Dans le même temps, les comptes rendus annuels des ventes de bois dans les forêts soumises en France font état d'une production de bois feuillus durs excédentaire par rapport à nos besoins. Selon une statistique récente, la production annuelle moyenne de grumes d'œuvre s'élève, pour le hêtre seul, à un million de mètres cubes dont 40 % fournissent le marché extérieur. Les contingents d'exportation sont importants et avantageux ; mais, seules, les belles qualités trouvent preneurs ; les qualités secondaires sont délaissées. Comme pour le hêtre, ceci est aussi vrai pour le chêne, à propos duquel une politique de production de bois de choix est en bonne voie de réalisation.

Problème d'économiste et non de sylviculteur, dira-t-on ? Certes non. L'orientation de la production étant fixée, c'est au sylviculteur

qu'il appartiendra de déterminer ce qui sera prélevé sur le chêne et ce qui peut, dans une certaine mesure revenir au hêtre ; et aussi ce qui serait éventuellement enlevé au hêtre pour être transféré aux résineux dont nous déplorons l'insuffisance en France.

Car, dans le partage de nos plaines et collines entre chêne et hêtre, rien n'est encore définitif, pas plus que la répartition du hêtre et des résineux dans les basses montagnes. Le pire serait d'accepter la situation présente et l'évolution future, sans les discuter et les adapter à nos besoins.

1. — **Hêtraies actuelles et hêtraies en puissance**

Pour orienter cette étude de la situation actuelle du hêtre en France, nous prendrons comme fil conducteur les indications données par le botaniste G. Lemée dans un grand nombre de publications et, en particulier, dans un article paru en 1955 dans la *Revue Forestière Française :* « Évolution de la forêt française d'après les analyses polliniques ».

Suivant cet auteur, le hêtre qui, après la dernière glaciation, s'était étendu dans toutes les montagnes de l'Europe occidentale et centrale, s'était quelque peu infiltré dans les plaines, au contact de la chênaie. Puis le hêtre voit sa limite supérieure abaissée par l'extension du sapin et parfois de l'épicéa, tandis que sa limite inférieure se trouve profondément modifiée par l'homme. La prise de possession agricole et pastorale de l'étage du hêtre entraîne la régression de cette essence par suite de l'ouverture de larges clairières où trouvent bientôt place chênes, noisetiers et pins.

Les hêtraies, réduites par le bas dans presque tous les secteurs, fréquemment concurrencées en altitude par les résineux, ne reprennent d'importance que depuis moins de deux siècles, à la faveur de deux séries d'événements : des travaux de restauration dans des massifs de plaine plus ou moins dévastés par la Révolution et des opérations de conversion de taillis et de taillis-sous-futaie riches en hêtre, à divers niveaux.

Les hêtraies actuelles peuvent se ramener à un petit nombre de types que nous essaierons de caractériser par les techniques appliquées :

1°) En montagne, elles ont subsisté avec leurs caractères naturels là où la pression des résineux ne s'est pas fait sentir (Massif central et Pyrénées centrales et occidentales) et également dans les massifs peu accessibles. Elles ont occupé pendant quelques siècles le niveau des sapinières à hêtre en un certain nombre de points où l'exploitation en taillis pour l'approvisionnement en charbon de bois des forges avait éliminé ou raréfié le résineux (Grande Chartreuse, Vercors, etc...).

Ces hêtraies, encore visibles, sont en voie de transformation rapide par enrésinement naturel.

2°) En plaine, les futaies de hêtre créées au début du 19e siècle par empiètement sur la chênaie mixte, caractérisent le secteur parisien. L'installation du hêtre s'est trouvée favorisée par les influences atlantiques et une concurrence réduite. Mais l'intervention humaine en a fait trop souvent des peuplements purs, réguliers et à un seul étage.

Les résultats économiques sont satisfaisants : sans que la qualité soit exceptionnelle, les produits récoltés en grosse quantité et à proximité de grands centres de consommation, se vendent dans de bonnes conditions.

L'ensemble des forêts soumises de la Seine-Maritime, de l'Aisne et de l'Oise a fourni en 1957 : 136.000 m³ de bois d'œuvre de hêtre, vendus sensiblement au prix moyen des bois de même catégorie pour l'ensemble de la France, à l'exception de la Seine-Maritime qui bénéficie d'une plus-value de 25 % en raison des gros bois qu'elle peut offrir.

L'intérêt touristique et artistique que présentent ces forêts, peu éloignées de Paris et de Rouen, domine les autres considérations et il n'est pas question de modifier gravement leur traitement actuel bien que des problèmes se posent à propos de l'équilibre sol-végétation et de la régénération. Nous verrons d'ailleurs plus loin quelles techniques ont été mises au point dans ces forêts en raison des conditions particulières de sol et qui peuvent être étendues à d'autres massifs.

3°) A divers niveaux, les hêtraies provenant de conversion de taillis-sous-futaie riches en hêtre.— Il s'agit avant tout de peuplements occupant les collines et les contreforts des massifs montagneux. Sans affirmer que la hêtraie plus ou moins mélangée de chêne rouvre, ait été partout la formation primitive, on est en droit de penser que le hêtre devait y dominer et que le chêne s'est trouvé, à ces niveaux, multiplié par l'homme et favorisé par le traitement en taillis. La conversion en hêtraie pure représente donc, dans bien des cas, une réinstallation de cette essence dans des stations où elle avait été raréfiée sans toutefois disparaître.

Mais, alors que sur sols calcaires, cette conversion en hêtraie pure est satisfaisante et donne des peuplements stables et productifs, la même transformation sur sols siliceux conduit à des mécomptes : évolution défavorable de l'humus, difficultés de régénération et médiocre qualité des bois produits.

L'étude des conditions dans lesquelles s'est faite la conversion dans ces deux cas précis est riche d'enseignements.

Dans le 1er cas, nous voyons, sur sols calcaires, les semis s'installer aussi bien sous la futaie de hêtre que dans le taillis-sous-futaie en vieil-

lissement dont le couvert se relève progressivement. Il y a continuité et stabilité : le sol, bien travaillé par les racines et légèrement décarbonaté en surface, évolue favorablement vers un sol brun à mull.

Dans le 2e cas, nous constatons, sur sols siliceux, une régénération d'abord facile et rapide sous le peuplement mélangé. Puis, sous la hêtraie constituée, pure et à un seul étage, il y a ralentissement de l'activité microbienne, la litière s'accumule et l'apparition d'une couche plus ou moins épaisse d'humus brut entrave l'installation de nouveaux semis. Ce type de hêtraie, dont les produits sont d'ailleurs de médiocre qualité, n'offre pas les mêmes garanties de stabilité que le précédent.

4°) Les hêtraies provenant de vieillissement de taillis simples ou furetés de hêtres. Il s'agit, en général, de hêtraies climaciques, plus ou moins transformées par les recépages, qui ont pu faire disparaître les résineux qui existaient en mélange. Sur sols calcaires, les hêtraies se perpétuent sans difficultés. Sur sols siliceux, les mêmes phénomènes d'évolution défavorable se produisent, particulièrement sous climats froids et humides. La régénération naturelle, encore possible sous les taillis vieillis assez clairs, devient difficile sous la futaie fermée.

Malgré la simplicité relative des phénomènes d'évolution qui se manifestent et qui pourrait inciter à en comparer les résultats, d'une part pour les hêtraies en station calcaire, d'autre part, pour les hêtraies sur sols argilo-siliceux ou siliceux, la variété est extrême des peuplements qu'aura à traiter le sylviculteur.

Il peut trouver, en station chaude, au contact du chêne pubescent, une hêtraie qualifiée génériquement de thermophile, mais qui, suivant les nuances difficiles à expliquer, renferme ou non le buis et le genêt cendré ; la mercuriale pérenne, qu'on rencontre couramment dans la hêtraie montagnarde du Jura, s'y trouve parfois soumise à fortes précipitations. De même, les hêtraies sur sols acides et sous climats froids et humides auront comme caractère commun la mauvaise décomposition de la litière, alors que la végétation superficielle varie avec la station.

L'essentiel est bien de différencier, parmi les hêtraies, celles qui produisent des bois de bonne qualité et celles qui n'en peuvent fournir.

Si nous résumons les différents points qui viennent d'être examinés nous voyons que le forestier doit opérer une sélection parmi les types possibles de hêtraies et :

— *favoriser* l'évolution naturelle des conversions en hêtre sur sols calcaires ou argilo-siliceux à réaction neutre, lorsque les conditions de climat permettent d'obtenir des accroissements assez larges pour que les bois soient tendres et propres aux usages de choix.

— *freiner* l'évolution qui amènerait le hêtre à l'état pur, toutes les fois que l'entretien de la station n'est pas assuré et que la production ligneuse s'avère défectueuse avec cette essence unique. Il faut préférer, sur les sols siliceux et silico-argileux exposés au lessivage, des peuplements mélangés, de feuillus à basse altitude, de résineux dès que la station le permet.

Mais, si paradoxale que puisse paraître cette conclusion à propos des hêtraies actuelles et des hêtraies en puissance, nous sommes tentés de dire :

— que les hêtraies, en apparence climatiques, seront en général avantageusement transformées en peuplements mixtes, feuillus et résineux.

— que les hêtraies les plus avantageuses seront recherchées et cultivées à un niveau plus proche de la chênaie mixte sur sols calcaires ou argilo-siliceux à réaction neutre.

2. — **Hêtraies à maintenir**

a) Problèmes de structure

Les différents types de peuplements examinés précédemment nous fournissent encore matière à réflexion en ce qui concerne la structure. Les meilleures conditions se trouvent généralement réalisées dans les peuplements de forme et d'origine irrégulières, ou à structure étagée. C'est bien le principal enseignement des conversions que de montrer une conduite des opérations plus facile dans des peuplements en voie de transformation que dans les futaies constituées, en particulier lorsqu'elles sont très homogènes.

Il y a certes l'influence favorable du mélange des essences, qu'il n'est pas facile de maintenir dans les hêtraies, sinon en localisant chacune d'elles par un traitement en bouquets de surface appropriée. Si le mélange ne peut être réalisé, du moins peut-on compenser la pureté par une certaine hétérogénéité. Sur les sols calcaires, il n'y a pas grande difficulté à y parvenir. En station siliceuse, il sera sans doute plus aisé de revenir au mélange et, suivant la nature et la richesse des sols, on pourra penser à l'érable sycomore, aux chênes, à l'orme, aux fruitiers, aux tilleuls, voire au charme. En outre, des introductions de résineux (Douglas ou Abies) offrent de nombreuses et intéressantes solutions. On peut citer à ce point de vue, les résineux introduits dans les hêtraies de Haute-Normandie, en particulier en Forêt d'Eu. Nous énoncerons quelques propositions tendant à lier les conditions de structure aux conditions de station :

— Les peuplements réguliers, même sur de vastes surfaces, seront recherchés, à condition de les étager, sur sols calcaires, types plateaux jurassiques.

— Les peuplements traités par groupes d'âges multiples seront réservés aux sols agilo-siliceux ou limoneux.

— Les peuplements jardinés seront limités aux cas extrêmes, sur sols siliceux ; mais dans de telles conditions, un mélange avec résineux sera préférable.

Forme, structure et composition se trouveront d'ailleurs déterminées par les conditions de milieu et la nature des produits à récolter.

Il convient d'examiner, avant tout, les conditions d'approvisionnement en eau. Si cette question est sans grande importance dans la moitié Nord de la France, elle devient primordiale dans les régions à étés chauds et secs. L'enracinement assez superficiel du hêtre le rend plus sensible aux effets de la concurrence et sa croissance peut être ralentie sur sols filtrants par le maintien de peuplements trop denses. A ce point de vue, la structure étagée présente un avantage indéniable, en permettant de réduire le nombre des arbres, gros consommateurs d'eau, dans l'étage dominant, tout en garantissant le maintien de la fraîcheur grâce à un écran moins exigeant en eau.

Inversément, sur sols argilo-siliceux menacés, à certaines saisons, de variations du plan d'eau, la régulation sera assurée par des bouquets bien répartis d'essences d'enracinement et d'exigences différents.

Enfin, il ne faut pas oublier qu'un peuplement étagé et irrégulier garantit mieux le maintien de la fraîcheur du sol et l'approvisionnement en eau des arbres, qu'un peuplement à un seul étage sous lequel le vent exerce librement son action. Et ceci est essentiel dans le cas du hêtre, car l'alimentation en eau durant la saison de végétation détermine la qualité des produits récoltés.

La largeur des cernes reflète ces conditions ; et il y a autant de différence entre les bois provenant des hêtraies de l'Ouest de la France et ceux récoltés dans le Sud, qu'entre les produits fournis par les réserves de taillis-sous-futaie et ceux qui proviennent de futaies denses et régulières.

Parmi les enseignements que nous retirons des conversions, figure en bonne place la faveur dont jouissent auprès des utilisateurs les grumes fournies par des hêtres à large cime, assez isolés dans la réserve des taillis-sous-futaie du Nord-Est de la France.

Le bois de hêtre blanc ne peut être obtenu que dans certaines conditions de station ; par contre, le forestier peut agir directement sur la texture du bois ; et il doit se persuader que, eu égard aux conditions de station, les hêtres à croissance rapide sont les plus aptes à donner des bois tendres et propres au déroulage.

Pour retrouver les mêmes largeurs d'accroissements qu'en taillis-sous-futaie, il faudrait isoler pratiquement les hêtres de futaie, ce qui n'est pas réalisable. Mais, au lieu de sélectionner trop systématiquement des arbres à fût long et grêle, le sylviculteur doit se rappeler que la plus grande valeur de l'arbre est contenue dans les 8 à 10 premiers mètres du fût et rechercher des arbres plutôt courts mais gros. Pour y parvenir, la futaie étagée offre des conditions particulièrement favorables. Il est loisible de desserrer progressivement les cimes des arbres dominants tout en protégeant le sol et les fûts.

Notons, enfin, que les effets de lisière déprécient toujours les bois qui se trouvent à la périphérie des groupes ; il est raisonnable de ne pas trop réduire la surface des bouquets, pour éviter le développement de cimes non équilibrées.

b) Problèmes de régénération.

En étudiant les types de hêtraies, nous avons distingué la hêtraie climacique de la chênaie-hêtraie qui représente une association instable dont l'équilibre est réglé directement par le traitement. Le forestier peut faire évoluer ce peuplement vers l'une ou l'autre dominante.

Là où les conditions de station fournissent des bois de chêne de bonne qualité, tout est orienté vers la production de beaux chênes, le hêtre devenant l'essence d'accompagnement.

Si, au contraire, les facteurs de sol et de climat ne permettent pas d'escompter la récolte de bois de chêne de qualité, il est sage d'abandonner cette essence, mais aussi de ne rechercher le hêtre que s'il fournit des produits de valeur. Sinon, il faut retrouver dans les enrésinements une solution économique au problème. Un bon exemple de cette évolution dirigée a été donné par L. François à propos de la révision d'aménagement de la forêt domaniale de Darney-Martinvelle, dans les Monts-Faucilles (*Revue des Eaux de Forêts*, Janvier-Février 1945).

En ce qui concerne la régénération du hêtre dans les peuplements que le forestier désire maintenir en hêtraies, deux points sont essentiels :

— sur sols calcaires fissurés, la régénération naturelle du hêtre ne se commande pas, elle se constate,

— sur sols argilo-siliceux, un travail préalable du sol est généralement utile : il faut cependant ajouter quelques précisions. Ce travail est toujours nécessaire sur les sols pauvres en bases, exposés à évolution défavorable. Nous pensons spécialement aux types à canche flexueuse et parfois à myrtille, où l'on rencontre les sols podzoliques et les sols bruns ocreux.

Ce travail est généralement nécessaire sur les sols plus riches d'alluvions ou d'argiles à silex, lorsque la roche-mère calcaire est à grande profondeur ; la formation naturelle serait une chênaie-hêtraie relativement stable. La hêtraie ne peut se maintenir d'une manière durable qu'avec un travail raisonné des horizons superficiels.

Le travail du sol doit être proscrit des hêtraies sur sols bruns lessivés ou sols bruns acides.

Reprenant le cas des sols calcaires fissurés, examinons d'abord les conditions dans lesquelles s'installent les semis de hêtre sous les taillis en vieillissement. On peut observer le processus suivant : le relèvement progressif du couvert ne crée pas, d'emblée et d'une manière uniforme, l'ensemencement. Il apparaît d'abord, ici et là, quelques semis à distance les uns des autres. Ils semblent bouder ; et tout à coup, sans que les conditions aient apparemment changé, l'ensemencement se fait comme une cristallisation autour des noyaux représentés par les premiers semis. Insistons sur le fait qu'il n'est pas intervenu de coupe dans l'étage dominant entre l'apparition des premiers et l'installation des seconds ; sinon, il y aurait eu risque de dessèchement superficiel, de développement de la couverture herbacée et aggravation de la concurrence. L'ensemencement s'en serait trouvé retardé.

Une fois les groupes de semis installés, l'extension des taches se fait dans des conditions analogues, à condition que le découvert soit mené très progressivement.

Ici se pose le problème de l'agrandissement des trouées : nous n'avons pas encore en France de doctrine en ce qui concerne le hêtre. Elle est en voie d'expérimentation pour le Pin Noir. Mais les constatations que nous avons pu faire aux environs de Nancy dans les régénérations réalisées par groupes, nous ont prouvé que l'ensemencement s'étend naturellement à l'abri, sous l'ombre portée, du peuplement intact, c'est-à-dire au Sud-Sud-Ouest de la trouée initiale.

En ce qui concerne l'ensemencement sur sols acides à humus brut, un travail préalable du sol est généralement nécessaire pour éviter une perte de temps et un risque d'échec. Certes, il serait possible d'obtenir une décomposition rapide de l'humus, suivie d'un relèvement du pH et d'une minéralisation de l'azote, par des coupes brutales, éclairant et réchauffant le sol, mais cette pratique est à éviter, en raison du développement de la végétation secondaire. En outre, cet effet de courte durée risque de n'être pas utilisé par les semis eux-mêmes, s'ils se produisent avec un léger décalage.

La meilleure technique consiste dans des crochetages ou hersages superficiels tels qu'ils ont été définis et mis au point pour les hêtraies normandes. Ces opérations, limitées aux horizons superficiels, ont pour effet d'émietter et d'aérer les couches tassées d'humus brut, sans toucher aux horizons inférieurs. Le travail doit précéder la chute des feuilles. Il peut être réalisé par des passages simples ou croisés, sur toute la surface si le sol, propre, ne risque pas d'être envahi par une végétation concurrente et si les conditions naturelles assurent un bon approvisionnement en eau.

Dans la conférence qu'il a faite à la Société Royale Forestière de Belgique à propos de la « Mécanisation des travaux », POURTET a précisé la manière d'opérer par bandes et « en cuvette », dans le cas de sols filtrants à protéger contre la dessication.

Enfin se pose le problème de la protection des semis contre tous les dangers qui les menacent : rongeurs, parasites et gibier. Nous n'avons pas en France de forêts où la densité de grands animaux soit telle que

TABLEAU I

Diamètre à 1 m 30	Taillis-sous-futaie vieilli Forêt de Haye — Canton de Remenaumont Sur calcaire bajocien				Futaie pleine For. de Retz — Cant. de Morte Sur calcaire de Beauce		
	chêne	hêtre	divers	total	chêne	hêtre	total
0,20	5	10	19	34			
0,25	3	6	15	24			
0,30	4	5	10	19	—	—	—
0,35	5	9	4	15	2	1	3
0,40	2	10	2	14	3	8	11
0,45	4	11	1	16	4	15	19
0,50	3	7	—	10	3	22	25
0,55	1	5		6	2	30	32
0,60	1	3		4	1	31	32
0,65	—	2		2	—	10	10
0,70	1	2		3		8	8
0,75	—	1		1		5	5
0,80	—	1		1		4	4
0,85	1	—		1		2	2
0,90	—	—		—		1	1
0,95		1		1		—	—
1,00						1	1
1,05						1	1
1,25						1	1
Nombre de tiges /ha	30	73	51	154	15	140	155
Vol. B. F.	54 m³	156 m³	31 m³	241 m³	39 m³	652 m³	691 m³
Vol. A.M.	1,8	2,2	0,6	1,5	2,6	4,6	4,4

les semis de hêtre soient menacés. Mais nous comprenons fort bien, pour l'avoir connue et subie avec le lapin, la nécessité d'engrillager les placeaux de régénération, ce qui, dans les forêts touristiques, place également les jeunes recrûs à l'abri des promeneurs.

Avant d'aborder la question de la conduite des coupes de régénération, il est nécessaire de souligner la différence de composition des peuplements avant ensemencement, suivant qu'il s'agit de taillis-sous-futaie vieillis ou de futaies pleines. Les deux peuplements du tableau I permettent de comparer, non seulement la composition en espèces et la structure, mais aussi les matériels sur pied correspondant à un même nombre de tiges.

Quant à fixer des chiffres pour préciser l'importance des coupes de régénération, cela semble un peu superflu si l'on se reporte aux considérations précédentes.

Cependant l'importance du matériel sur pied doit être considérée : un gros matériel (plus de 500 m³ par hectare) est difficile à manier et ne permet pas toujours de travailler à la demande. Il est souhaitable d'en réduire l'importance lors des dernières éclaircies, qui auront bien pour but de préparer la régénération.

Un bon exemple d'une telle coupe d'allègement nous est fourni par le tableau II qui donne également l'indication du rendement de ces dernières éclaircies en catégories de produits. Il s'agit d'une coupe réalisée en Forêt Domaniale de Retz, Canton du Pré des Seigneurs. Hêtraie pure de 150 ans.

Tableau II

Diamètre à 1 m 30	Avant éclaircie	Éclaircie	Rendement en diverses catégories de produits	%
0,40	10	8		
0,45	12	5	Placage	8
0,50	16	10	Ebenisterie	14
0,55	19	5	Menuiserie	34
0,60	37	4	Traverses	21
0,65	20	4	Quartier	17
0,70	14	3	Rondin	6
0,75	10	3		
0,80	8			
0,85	2			
0,90	2			
			Peuplement restant	
Nombre de tiges/ha	150	42	108	
S.T.	45 m²	11 m²	34 m²	
Vol. B.F.	709 m³	147 m³	562 m³	
Vol. A.M.	4,7	3,5	5,2	

Ainsi, il est possible de soulager le peuplement dominant des très gros arbres, dont la cime démesurée apporte plus de gêne que d'avantages à l'ensemencement. Cet enlèvement laissera subsister des éléments de moindres dimensions, mais généralement très fertiles. (Il est curieux de constater l'abondance des graines fournies par des hêtres de sous-étage auxquels on serait tenté de ne pas faire confiance).

L'exemple des taillis-sous-futaie en conversion nous apporte également la preuve que l'ensemencement est mieux assuré par des éléments jeunes, même à cime réduite, que par de très gros arbres à large cime (mais aussi plus âgés).

En outre, les coupes ultérieures seront facilitées. De telles éclaircies préparatoires sont délicates à marquer : elles correspondent à un prélèvement égal, sinon supérieur à l'accroissement. Il y a lieu de les espacer suffisamment pour éviter d'entr'ouvrir prématurément le couvert.

Cependant, sur sols riches, les arbres adultes ont encore des ressources insoupçonnées pour combler les lacunes qui apparaîtraient. Et même sur sols argilo-siliceux ou siliceux, il peut être avantageux par de telles coupes de préparer une meilleure décomposition de la litière.

Ainsi, tout s'accorde pour ne pas laisser s'accumuler jusqu'à l'ensemencement un trop gros matériel, du moins dans la forme des hêtraies adultes et pures que l'on trouve encore en France (à 100 ans, 300 tiges à l'hectare, diamètre moyen 0,37, volume sur pied 560 m^3 par hectare et une S.T. voisine de 35 m^2).

La conduite des opérations antérieures ne permet guère de modifier une situation peu favorable. Mais les techniques d'amélioration ont été heureusement modifiées et nous sommes en droit de penser que nos successeurs trouveront des peuplements mieux préparés pour la régénération.

c) Problèmes de l'amélioration.

Le hêtre est, de toutes les essences indigènes, celle qui bénéficie le plus des opérations d'amélioration.

L'avenir de la hêtraie est réglé par les premières interventions — dégagements et nettoiements. De nombreux auteurs ont traité cette question depuis que Schädelin a mis l'accent sur la continuité indispensable des opérations de sélection de l'origine jusqu'à la récolte du peuplement.

Nous ne pouvons que reprendre certains points qui nous apparaissent particulièrement importants :

— Et d'abord, les jeunes recrûs de hêtre ont besoin des mêmes soins, quelle que soit la station où ils se sont installés. Le découvert des jeunes semis se fera progressivement : un abri excessif est aussi mauvais que le

manque d'abri ; dans l'un et l'autre cas, les jeunes tiges seront mal formées, courbées ou fourchues.

— La sélection sera progressive et prudente : si l'élimination des individus nettement mauvais doit être faite dès que possible, il n'est pas aisé de déceler, au stade du fourré et même du gaulis, les individus qui seront les meilleurs. Leur forme sera influencée par l'entourage et il est important de maintenir un état suffisamment serré pour assurer l'élancement des sujets d'avenir.

Les méthodes de régénération par coupes progressives sur des surfaces étendues, ou par bouquets suffisamment grands, créent les conditions les plus favorables au développement des renaissances.

Malheureusement, les difficultés de réalisation empêchent souvent cette première sélection : manque de crédits, raréfaction de la main d'œuvre sont à considérer ; mais l'importance de ces premières interventions est telle pour l'avenir du peuplement qu'il faut trouver des solutions. Bien souvent le personnel forestier effectue lui-même ces opérations, ou y participe. Les outils ont moins d'importance que le tour de main et le soin de l'opérateur.

Dès qu'une certaine quantité de produits peut être récoltée dans les nettoiements, il est possible d'employer des concessionnaires : le travail est rémunéré par la valeur des bois. Cette solution est bonne lorsque le personnel forestier connaît bien les concessionnaires, leur trace le travail (griffage préalable des tiges à enlever) et les contrôle fréquemment.

La sagesse voudrait que toutes les tiges mal formées, tous les individus indésirables, préexistants ou gênants, aient disparu avant les premières éclaircies sélectives. Cet idéal sera peut-être réalisé dans les peuplements qui sortent actuellement de régénération. Il faut reconnaître que, dans trop de perchis, on trouve encore des tiges bifurquées ou basbranchues, ou sinueuses. Terminons-en avec elles : jusqu'à quelle époque est-il possible de les éliminer du peuplement en croissance ? Dans les hêtraies situées en conditions favorables, c'est-à-dire sur sol bien alimenté en eau et assurant une croissance satisfaisante, les trouées se referment rapidement, alors même que les perchis ont 50 à 60 ans. Et, à notre avis, c'est une aventure à tenter plutôt que de prolonger l'existence de non-valeurs qui portent préjudice à leurs voisins.

Cet enlèvement peut d'ailleurs coïncider avec la première éclaircie de mise en lumière des cimes, qui doit être assez vigoureuse et précoce.

Nous estimons aujourd'hui que la sélection qualitative étant réalisée entre 30 et 50 ans, les éclaircies de production doivent s'orienter, à partir de cet âge, vers le choix des tiges à faire grossir.

Tout le travail ultérieur sera facilité par la *structure étagée*, si on a

pu la réaliser : elle est particulièrement nécessaire sur sols riches, arènes granitiques, grès bigarrés et calcaires profonds.

La réduction du nombre des tiges doit permettre de préparer les 120 à 150 arbres d'élite qui formeront le peuplement définitif.

Pour réaliser ces opérations, quelle part de l'accroissement faut-il prélever à chaque passage ? Cette part est variable avec le matériel sur pied qu'on se fixe comme maximum à l'approche de la période de régénération, 450 à 500 m³ par hectare. Mais ce prélèvement ne sera pas réalisé de la même manière en station riche et en station à faible productivité.

En station riche, les éclaircies seront, dès le début, assez fortes pour ne pas surcharger le matériel. Elles auront réalisé très tôt la sélection des tiges à faire grossir, dont la récolte sera ainsi avancée.

En station à faible productivité, les éclaircies, faibles au début, pour laisser se constituer un matériel suffisant, s'intensifient par la suite pour ralentir, dans une mesure raisonnable, l'augmentation du volume sur pied. Elles assurent en même temps cette légère ouverture du couvert utile sur sols à humus brut.

Un exemple de traitement des hêtraies de Haute-Normandie est fourni par l'examen des comptages effectués en forêt domaniale de Lyons, lors de la révision d'aménagement de 1935 (Tableau III).

Tableau III

Affectations	Age en 1935	Nombre de tiges				Volume total	Volume de l'A.M.	Prélèvement moyen en coupe à 10 ans
		hêtre	chêne	charme	total			
5me	150	134	5	4	143	437	3,04	25 à 30 m³ ha
6me	135	137	12	3	152	446	2,93	20 à 25 »
1me	90	396	44	50	490	419	0,85	40 à 50 »
2me	60	482	146	312	940	326	0,35	25 à 35 »
3me	30	non inventoriée						10 à 15 »
4me	130-180	très variable			217	418	2,10	variable

De ces quelques chiffres, il ressort que les coupes d'amélioration, d'abord prudentes, atteignent leur maximum d'intensité au stade haut-perchis-jeune futaie. Les prélèvements s'atténuent dans la période qui précède la régénération pour que les peuplements restent fermés et le sol propre jusqu'à l'ensemencement.

La valeur des produits est conditionnée par les éclaircies. — De même que les 50 premières années sont déterminantes pour l'avenir du peuplement, puisqu'elles assurent la sélection qualitative des tiges et leur élagage, de même les 50 années suivantes prolongeront ce travail en fabriquant du bois de bonne qualité. Nous avons déjà noté l'importance de la

largeur des cernes pour obtenir des bois de hêtre tendres. Ce résultat n'est atteint qu'en espaçant les arbres de telle manière que les cimes soient à l'aise pour se développer et alimenter le fût.

Si l'on compare les prix des grumes de hêtre d'après les dernières mercuriales, on voit que le prix du mètre cube double chaque fois que le diamètre augmente de 0,15. Tout effort tendant à faire grossir les tiges est payant. Or, le hêtre réagit d'une manière extraordinaire à l'éclaircie ; on pourrait dire de cette essence ce qu'on dit du sapin : « Il produit d'autant plus qu'on lui demande davantage ».

Le comparaison de deux placettes voisines en forêt de Haye est particulièrement intéressante. Comparables en 1946, l'une est traitée en éclaircie moyenne par le bas, avec maintien de quelques préexistants branchus et fourchus, l'autre est traitée en éclaircie par le haut avec élimination systématique des gros arbres mal formés.

L'arbre moyen de la seconde placette a subi, par l'effet des coupes, un grossissement apparent plus faible ; mais ce peuplement a récupéré, en 13 ans, un arbre moyen de même dimension que celui de la placette voisine. Et il n'est pas certain que le grossissement ainsi amorcé ne continue pas ; or, en visitant ces deux peuplements, on est frappé par l'hétérogénéité de la première et par la qualité très générale des tiges de la seconde.

Une intervention aussi tardive et brutale n'est pas à généraliser ; mais il est bon d'en tirer argument pour mener hardiment les éclaircies et les orienter vers une production satisfaisante à la fois en quantité et en qualité.

d) Problèmes de la récolte.

La futaie régulière en régénération sur de grandes surfaces pose de graves problèmes, au moment des coupes secondaires et définitives. Nous avons trop, en France, l'habitude de suivre les régénérations naturelles, au lieu de les guider en tenant compte des distances limites de débardage. Nous nous en tirons en ouvrant des chemins de vidange et en prescrivant l'emploi du triqueballe. Il faut reconnaître l'avantage, évident à ce point de vue, de la régénération par groupes étendus. La conduite des opérations est, non seulement plus facile, mais aussi plus certaine puisque le peuplement dominant est conservé jusqu'à installation satisfaisante des semis.

Ce problème de l'évacuation des produits ne doit pas faire perdre de vue la valeur même des produits. Or, les conditions de la récolte et de la mise en chantier des grumes de hêtre sont essentielles pour éviter leur détérioration. Bien sûr, les billes de déroulage seront enlevées immédiatement ; mais les secondes billes ont également leur valeur et ne doivent pas séjourner sur coupe.

Enfin, malgré les efforts d'équipement, malgré la localisation des semis par groupes homogènes, il y aura nécessairement des dégâts de vidange et il faudra impitoyablement faire disparaître tous les jeunes sujets plus ou moins détériorés. On n'a pas, comme pour le chêne, la possibilité de recourir au recépage. Il faut remplacer artificiellement les tiges abimées. On peut en profiter pour introduire des espèces autres que le hêtre qui assureront, dans le peuplement futur, un certain mélange. Les espèces intéressantes sont énumérées plus loin.

3. — Hêtraie à transformer

Ce chapitre sera rapidement traité, tous les éléments de discusssion ayant déjà été réunis.

Nous avons vu qu'il faut conserver et favoriser les peuplements de hêtre sur sols calcaires, toutes les fois que le climat permet d'obtenir des accroissements suffisamment larges ; que ces hêtraies soient déjà des futaies, ou qu'il s'agisse de taillis-sous-futaie en conversion, les conditions de stabilité sont les mêmes.

Cependant, il faut, à l'actif des peuplement en conversion, noter :

— qu'ils sont encore riches en essences secondaires et qu'il est sage d'essayer d'en maintenir au moins quelques-unes dans le peuplement futur.

— que leur structure étagée s'est révélée satisfaisante et qu'il est bon de chercher à la reproduire dans la hêtraie constituée.

Les peuplements de hêtre sur sols argilo-siliceux sont encore satisfaisants, mais posent des problèmes pour la régénération. Il faut les maintenir lorsqu'ils peuvent donner des produits de qualité suffisante. Sinon, à basse altitude, il est préférable d'envisager un mélange par bouquets étendus, avec le chêne. Au niveau des collines et basses montagnes, bien des solutions sont possibles avec les résineux : mélèzes dans les vides, douglas lorsque le climat n'est pas trop rude, épicéa dans les fonds bien alimentés en eau.

En moyenne montagne, le sapin et encore l'épicéa, seront associés au hêtre et à l'érable sycomore. Il semble d'ailleurs qu'en France beaucoup de hêtraies ne soient, à ce niveau, que des stades d'évolution ou de succession ; les hêtraies à fétuque succèdent souvent à des sapinières qui ne se régénèrent pas. Mais n'y aura-t-il pas un jour retour du sapin ? Et ne peut-on pas accélérer cette évolution qui est avantageuse au point de vue de la production ?

Les hêtraies sur sols siliceux sont généralement à abandonner, ou du moins ne faut-il pas laisser s'achever des conversions qui contribueraient à créer des hêtraies instables.

Beaucoup de ces stations siliceuses se trouvent heureusement dans l'étage montagnard, ou dans des stations favorables au sapin. Il faut stopper l'évolution naturelle et transformer le plus rapidement possible ces peuplements feuillus en sapinières mêlées de hêtre. Les garanties de résistance aux gelées tardives, que donnent désormais les races méridionales de sapin introduites dans les plaines du Nord-Est de la France, permettent d'écarter les objections qu'on faisait aux enrésinements en sapin à basse altitude.

Le cèdre fournit également des solutions favorables pour la transformation de peuplements feuillus insuffisamment productifs, à la limite inférieure des hêtraies thermophiles en station arrosée.

On peut encore recommander le mélange avec :

— le tilleul à grandes feuilles et les fruitiers, en station calcaire,
— le tilleul à petites feuilles, le frêne, l'orme, le merisier, en station argilo-siliceuse,
— l'érable sycomore en sol riche et climat suffisamment arrosé.

Et il ne faut pas oublier le charme, qui a eu, avec les chênes, le mérite de préparer l'installation de bien des hêtraies actuelles. On l'en a éliminé à tort. Lesage, dans son étude de la hêtraie normande et, en particulier, de la forêt de Lyons, donne des chiffres qui méritent réflexion :

En 1862, la 1re affectation de la 1re série renfermait :

37.889 charmes cubant 20.016 m³ (volume de l'arbre moyen : 0,53m³)
sur 69.901 tiges cubant 76.036 m³ (vol. de l'A. M. : 1,1 m³)

Une forte proportion de ces charmes (12.159 sur 37.889), d'un diamètre voisin de 0,20, formait sous-étage. On peut attribuer à leur présence les bonnes réussites de l'installation du hêtre sur ces sols d'argile à silex.

En 1936, les peuplements qui entrent en régénération ne présentent plus ce mélange avantageux :

sur 49.059 tiges cubant 64.286 m³ (vol. de l'A. M. : 1,3 m³) on trouve 8.197 charmes cubant 5.333 m³. (vol. de l'A. M. 0,65 m³).

Il y a régression du charme, surtout sensible dans le sous-étage qui a pratiquement disparu. Le sol moins bien entretenu, les régénérations se font difficilement ou nécessitent des travaux culturaux. Notons, à la décharge de nos devanciers immédiats, que cette disparition du charme est, en grande partie, imputable au lapin qui a été fort abondant dans le premier tiers de ce siècle.

Conclusions

Au terme de cet exposé, nous nous rendons compte de ses faiblesses. Le thème proposé était « La hêtraie de l'Europe occidentale » et nous avons parlé des hêtraies de France dans le passé et dans le présent.

Si nous avons peu donné de chiffres, ni même d'indications précises sur les types de peuplements décrits, c'est bien que, chez nous, le hêtre est une essence mal connue et la hêtraie un type de formation sur laquelle on a encore beaucoup à travailler. La variété des stations résultant beaucoup de la nature des sols, mais plus encore des conditions de climat (précipitations, luminosité), a contribué sans doute à former des races dont il reste à étudier le comportement et à préciser le traitement. Si les botanistes et les entomologistes retrouvent dans nos hêtraies méridionales des analogies marquées avec les hêtraies balkaniques, il ne peut être question de les assimiler, ni comme traitement, ni comme production, aux hêtraies atlantiques ou montagnardes.

Cependant, cette étude, qui nous montre tout ce qui reste à faire, en nous faisant concevoir une hêtraie moins uniforme, moins artificielle que celle devant laquelle nous sommes parfois arrêtés, aura été profitable. Et nous devons féliciter et remercier les organisateurs de ce colloque qui, par une confrontation et une mise en commun des doctrines sylvicoles, permettra sans doute de trouver des solutions au problème de la hêtraie.

Résumé.

1. — *Hêtraies actuelles et hêtraies en puissance.* (Le cas des taillis-sous-futaie en conversion sera particulièrement examiné).

Les techniques sylvicoles qui ont contribué à créer les types de hêtraies actuellement représentés doivent-elles être révisées pour limiter ces formations aux stations où équilibre et production s'avèrent à la fois satisfaisants ?

Quelques exemples d'évolutions à freiner ou à favoriser.

2. — *Hêtraies à maintenir.*

a) *Problèmes de structure.*

Peuplements uniformes (à 1 ou 2 étages) ou irréguliers (par bouquets ou jardinés).

Raisons du choix { conditions de milieu / produits à récolter

b) *Problèmes de régénération.* — Particularités de la régénération du hêtre. Sa conduite :

— sur sols à réaction neutre.

— sur sols bruns acides ou podzoliques.

Le travail du sol : comment le comprendre et le réaliser.

Protection des semis.

c) *Problèmes de l'amélioration.*

L'avenir de la hêtraie est réglé par les premières interventions : dégagements et nettoiements. Difficultés de réalisation.

La valeur des produits est conditionnée par les éclaircies. Comment les comprendre et les mener ?

d) *Problèmes de la récolte.*

3. — *Hêtraies à transformer.*

Divers types de peuplements : forme et composition.

Éléments utiles et indésirables.

Quelques exemples d'espèces à introduire.

Techniques de transformation en peuplements mélangés par étages ou par bouquets. Buts à poursuivre.

Silvicultural problems of West-European beech forests

Summary.

1. *Existing and potential beech forests* (particularly standards on coppice in conversion).

Is it necessary to revise the silvicultural techniques which have contributed to the creation of the present types of beech-forests so as to limit them to those sites where both equilibrium and production are satisfactory ? Some examples of evolutions to be slowed down or to be stimulated.

2. *Beech forests to be maintained.*

a) *Problems of structure.*

Uniform (1 or 2 layers) or irregular stands (in groups or under the selection system).

Reasons for choosing a particular system :

— environmental conditions.
— products to be harvested.

b) *Regeneration problems.* — Particularities of beech regeneration. Its guidance :

— on neutral soils.
— on brown acid and podzolic soils.

Tillage : how to understand and how to realise.

Protection of seedlings (Regeneration).

c) *Problems of improvement.*

The future of a beech forest is determined by the first interventions : clearings and cleanings. Difficulties encountered. The value of the products obtained is conditioned by the thinnings ? How are they to be considered and carried out ?

d) *Harvesting problems.*

3. *Beech forests for reconversion.*

Various types of stands : structure and composition.

Useful and undesirable elements.

Some exemples of species to be introduced.

Techniques for conversion into mixed stands by layers or by groups. Objectives to be pursued.

Die Waldbaulichen Probleme des Buchenwaldes im Westlichen Europa

ZUSAMMENFASSUNG.

1. *Augenblickliche Buchenwälder und potentiale Buchenwälder.* (Der Fall der « Taillis-sous-futaie » in Umwandlung wird besonders behandelt).

Müssen die waldbaulichen Methoden, die dazu beigetragen haben, die aktuellen Buchenwaldtypen zu gründen, revidiert werden, um diese Formationen auf die Gebiete zu beschränken, wo das Gleichgewicht und der Ertrag gleichsam befriedigend sind?

Einige Beispiele von Entwicklungen, die zu beschränken oder zu begünstigen sind.

2. *Beizubehaltende Buchenwälder.*

a) *Strukturprobleme.*

Gleichmässige (ein- oder zweistöckig) oder unregelmässige Bevölkerung (in Gruppen oder Gartenmässig).

Gründe der Wahl { Bedingungen des Milieus. / Produkte zu erzeugen.

b) *Erneurungsprobleme.* Besonderheiten der Regeneration der Buche. Die Methode :

— auf Böden mit neutraler Reaktion.

— auf braunen saueren oder podzoligen Böden.

Die Bearbeitung des Bodens, wie diese zu verstehen und auszuführen ist. Saatschutz.

c) *Verbesserungsprobleme.*

Die Zukunft des Buchenwaldes ist durch die ersten Massnahmen bestimmt : Auslichte und Säubern. Schwierigkeiten der Ausführung.

Der Wert der Erzeugnisse ist durch das Auslichten bestimmt. Wie soll man dieses verstehen und ausführen?

d) *Ernteprobleme.*

3. *Zu verwandelnde Buchenwälder.*

Verschiedene Bevölkerungstypen : Form und Zusammensetzung.

Nützliche und unerwünschte Elemente.

Einige Beispiele von einzuführenden Arte.

Methoden der Umwandlung in Mischbevölkerungen durch Etagen oder Gruppen. Ziel zu erreichen.

COLLOQUE SUR L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL EN AGRICULTURE ET EN HORTICULTURE

PLACÉ SOUS LE PATRONAGE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE DE GÉNIE RURAL ET DU COMITÉ NATIONAL BELGE DE L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU TRAVAIL

Gembloux, 26 juillet 1960

PRÉSIDENT DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Professeur C. Dricot

Institut agronomique, Gembloux

L'organisation du travail à l'extérieur de la ferme

par Dr. G. Preuschen
Directeur, Max Planck Institut, Bad-Kreuznach (Allemagne occidentale)

Comme la production agricole repose sur la croissance des plantes et que les plantes croissent et se reproduisent par elles mêmes, la production des plantes au sens industriel du mot est complètement automatisée.

Le travail de l'homme peut se résumer de la façon suivante :

a) créer et maintenir les lieux producteurs
b) entretenir et diriger la croissance des plantes
c) récolter et transformer les produits.

En Europe, on peut considérer que les lieux de production doivent être seulement entretenus étant donné que les fermes sont arrivées à un état normal de production depuis de nombreuses générations.

Il est intéressant de constater que les nouvelles installations des exploitations agricoles requièrent un travail tel que le simple fermier ne peut pas payer.

Dans tous les pays d'Europe, la nouvelle installation de fermes, qui sont appelées « implantations », constitue un problème d'État qui est réalisé à l'appui de subsides.

Le problème le plus important en agriculture est de maintenir et de diriger la croissance des plantes, de façon à ce qu'il en résulte la plus grande production possible.

Ce problème est plus important que le travail de récolter et de transporter les produits quelque grand que puisse être le travail au moment de la récolte ; finalement subsiste le travail de donner une forme commerciale aux produits récoltés.

Cela se fait à l'intérieur de la ferme en majeure partie par l'élevage. La transformation ultérieure des produits, par exemple : la mouture ou la transformation des pommes de terre en alcool, la transformation ultérieure des produits animaux, tous ces travaux sont de la compétence d'industries spécialisées.

L'exemple typique belge est l'industrie du lin. Primitivement le lin était récolté et préparé par les agriculteurs mais également roui,

opération qui fut reprise dans la suite par l'industrie. Actuellement, l'industriel a repris à sa charge la récolte. Le fermier n'a plus qu'à assurer le semis et les soins culturaux.

Le rôle du fermier se réduit en définitive, d'une manière générale, à la culture, à la récolte et dans une moindre mesure à l'entretien des lieux de production dont les bâtiments font partie. Ceci lui permet de concentrer ses soins à l'augmentation de la production.

La charrue et les bineuses servent à la production d'une plante déterminée et au maintien de la fertilité du sol et son amélioration.

En matière d'organisation du travail, il est important de connaître ces choses.

Le travail agricole a ses particularités propres qui sont différentes de celles de l'industrie.

Dans l'avenir on peut s'attendre à ce que le travail agricole soit automatisé comme il l'est dans l'industrie. Toutefois en agriculture il n'y a pas de relation linéaire entre la quantité de travail et la rentabilité. Dans l'industrie, la productivité d'une machine est fonction de la productivité horaire et du temps de travail.

Le rôle de l'homme se limite à la surveillance. Dans le travail mécanisé, il n'y a pas de relation entre le temps de travail de l'homme et la productivité. Le même phénomène apparaît en agriculture. Le fermier doit assurer les opérations culturales au moment opportun, mais un travail double ne doublerait pas la production. La plupart du temps il arrive le contraire : un excès de travail réduit la production et le résultat global est en définitive celui qui résulterait d'un travail insuffisant.

La chose essentielle est de savoir quand il faut travailler et de prendre à ce moment les mesures nécessaires. Cela demande beaucoup de connaissances et d'expérience qui font du travail agricole un travail plus difficile que le travail industriel, malgré qu'il semble en apparence que ce soit l'inverse.

Les prévisions de travail varient d'année en année et même dans le cours d'une année : il faut alors adapter le travail aux circonstances nouvelles.

Le cultivateur doit connaître toutes les façons culturales, mais savoir surtout dans quelles conditions il peut les appliquer. Avec les instruments primitifs, il était difficile de mal faire ; actuellement, il en est différemment et on peut considérer que plus le travail est automatisé et plus grands doivent être le savoir et la capacité des hommes qui surveillent et contrôlent le travail.

Il est important de savoir que ce n'est pas la masse de travail qui fixe l'importance de la production, mais seulement les frais de production.

Les frais de production sont essentiellement spécifiques d'une exploitation déterminée et ne peuvent être extrapolés à d'autres. La fonction agricole est plus diverse que la fonction industrielle.

L'agriculture requiert une main-d'œuvre stable, car l'instabilité est toujours synonyme de chute de production.

Le rôle de l'homme dans l'agriculture est d'observer, d'interpréter les observations, de trouver les mesures qui s'imposent, de les appliquer et de s'assurer du succès escompté.

L'agriculture ne connait pas de monotonie dans son travail. Il est dès lors difficile de remplacer l'homme par la machine. Toutefois, l'agriculture s'est toujours servie de machines et plus la machine se perfectionne et plus elle aide l'homme. C'est le rôle de la machine en agriculture. Elle doit augmenter l'efficacité de l'homme.

Le travail agricole est généralement considéré comme un travail lourd.

En fait le travail est une succession de travaux lourds et légers qui alternent de façon telle que ce travail est plus sain que le travail industriel.

Primitivement, l'homme était la seule source d'énergie musculaire. Il a utilisé ensuite les animaux de trait qui effectuaient les lourds travaux tout en conservant encore la tâche des chargements, déchargements, transports, fauchage et de bien d'autres travaux. Cela n'est plus nécessaire aujourd'hui depuis la vulgarisation des moteurs et des tracteurs.

On peut toutefois considérer qu'un travail qui requiert moins de 2 K cal./min. ne doit pas être mécanisé.

On en arrive souvent malheureuement à ce qu'il faille plus de temps pour aller chercher les machines et faire le travail que de le faire directement à la main. Il faut aussi éviter que l'homme ne serve seulement qu'à observer un panneau de signalisation. Ce travail nuirait à sa santé.

Il convient de se préserver des excès de la mécanisation lorsqu'il s'agit par exemple de la mécanisation d'une culture de faible importance économique dans l'exploitation.

Primitivement les machines étaient conçues et améliorées par le constructeur seul, sur la seule base de la qualité du travail. En fait, il ne faut pas voir la fonction seule mais considérer que la machine est faite pour l'homme et la concevoir pour que son utilisation lui soit facile et confortable.

Il ne faut pas perdre de vue les outils manuels qui sont encore utilisés pour 60 à 75 % du travail total. Il faut les améliorer dans le but de faciliter leur utilisation.

De façon générale, l'outil et la machine doivent être confortables pour l'homme. L'efficacité du travail est directement liée au moment où il est fait. C'est un caractère inconnu dans l'industrie. Le paysan peut se comparer d'une certaine façon au commerçant. Il doit se trouver prêt à la tâche mais ne pourra en fait travailler qu'une partie de la journée.

On a essayé de développer des activités économiques dérobées pour mieux répartir le travail. On a aussi suggéré de façon souvent erronée la simplification du travail agricole. Il ne faut pas perdre de vue que l'homme s'adapte aisément à des travaux différents.

Dans les exploitations, la demi mécanisation qui résulte de l'utilisation de machines polyvalentes est préférable à l'utilisation de machines spécialisées qui ne peuvent travailler qu'un certain temps chaque année. 2, 3, ou 4 ha de céréales ne peuvent justifier l'achat d'une moissonneuse-batteuse. Dans ces conditions les méthodes demi mécanisées de récolte conduisent souvent à un prix de revient inférieur à celui des grosses exploitations complètement mécanisées.

Nous avons fixé des laps de temps nécessaires à l'exécution de travaux. Ces normes sont utilisées en Belgique.

La pratique de l'agriculture n'est plus possible uniquement par l'expérience qui se transmet de père en fils. Les écoles d'agriculture ont un rôle fondamental à jouer dans la préparation des agriculteurs à l'organisation du travail.

Leur rôle fondamental est de permettre à l'agriculteur le choix judicieux des machines et de leur éviter ainsi des investissements maladroits qui grèvent lourdement leur exploitation.

L'agriculteur doit apprendre à calculer un temps de travail et le prix de revient d'une spéculation agricole. De façon générale, la machine doit être envisagée avec prudence dans les travaux où intervient le jugement de l'agriculteur.

Ce n'est pas le cas de la manutention des fourrages où la mécanisation peut être envisagée sans restriction.

Il y a un gros effort à faire de la part du constructeur pour rendre l'utilisation des machines aussi confortable que possible et permettre à l'agriculteur de pouvoir contrôler constamment la bonne marche des principaux organes de la machine, le pourcentage des pertes et grains cassés.

La machine doit permettre l'édification de la profession d'agriculteur et lui procurer des satisfactions égales à celles d'autres professions.

Résumé.

L'auteur examine les aspects suivants :

1. *Tâche du travail.*

Le travail de l'homme a pour but de :

a) créer et conserver le lieu de production ;
b) soutenir et diriger la végétation des plantes ;
c) récolter et transporter les produits ;
d) transformer ces produits.

2 *Les moyens de travail.*

L'homme est un ouvrier intellectuel.

A peu près tout travail de la production extérieure constitue un compromis entre les besoins spécifiques de la plante en cause, l'état particulier du sol, le temps qu'il fait et les possibilités de l'homme de réaliser le travail en cause.

L'homme par son travail physique et renouvelé est une source d'énergie.

3. *Le travail lié aux délais.*

Le travail doit se réaliser au moment le plus utile ; il est lié à des délais fixes rendant difficile l'organisation du travail.

Dans la gestion de l'exploitation, il faut viser à l'optimum de la répartition de la demande en travail au cours de l'année.

4. *Instruction en travail.*

L'adaptation des méthodes traditionnelles de travail ne suffit plus : il faut les remplacer par une instruction régulière et spécialisée.

5. *Le développement des machines.*

La coopération entre le travail agricole et la technique agricole doit viser à trouver des méthodes de travail et des machines qui permettent de tirer le meilleur profit de la main-d'œuvre disponible dans toutes les dimensions d'exploitation et pour tout système cultural. Il faudrait profiter de cette occasion pour améliorer le poste de travail, par exemple le siège de l'homme sur la machine.

6. *Productivité du travail.*

Plus il y a de machines, moins il faut de main-d'œuvre disponible et la proportion des jours de travail productif pourra être élevée. Mais il y a des limites réelles et économiques de l'épargne de main-d'œuvre.

La recherche de l'optimum est la tâche de l'organisation du travail.

Organization of field work on the farm

Summary.

The author examines following aspects of the problem.

1. *Object.*

Man's labour is aimed at :

a) creating and retaining the site of production ;
b) sustaining and directing plant growth ;
c) collecting and transporting the harvest ;
d) transform those products.

2. *Means.*

Practically all labour in connection with production outdoors is a compromise between the specific needs of the crops, the particular soil conditions, weather conditions and the possibilities to carry out the required task. Through his repeated physical labours, the human being constitutes a source of energy.

3. *Timing.*

Work must be carried out on the most useful moment ; it is bound to a fixed timing which interferes with the organization of labour.

In farm management one must aim at an optimum spreading of labour demand over the year.

4. *Instruction.*

Adapting traditional labour methods is no longer sufficient ; they must be replaced through regular and specialised instruction.

5. *Mechanization.*

The cooperation between agricultural labour and agricultural technique must be aimed at finding labour methods and machines so as to make the best possible use of the available labour for all sizes and all croping systems. This opportunity should be used to improve working conditions e.g. the seat of the man on the machine.

6. *Productivity.*

The more machines, the less available labour is needed, and the proportion of productive working days can thus be increased. But there are real and economic limits set to labour saving.

Defining the optimum is the task of organization of labour.

Die Arbeitsorganisation ausserhalb des Hoves

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Autor behandelt die foldenden Kapitel :

1. *Das Tagewerk.*

Die Arbeit des Menschen hat zu m Zweck :

a) eine Erzeugungsstätte zu schaffen und zu erhalten ;
b) den Pflanzenwuchs zu unterstützen und zu regeln ;
c) die Erzeugnisse zu ernten und zu transportieren ;
d) diese Erzeugnisse zu verarbeiten.

2. *Die Arbeitsmöglichkeiten.*

Der Mensch is ein intellektueller Arbeiter.

Fast die gesamte Arbeit der Aussenproduktion ist ein Kompromiss zwischen den spezifischen Erfordernissen der Pflanze, dem besonderen Bodenzustand, dem Wetter und den Möglichkeiten, die dem Menschen gegeben sind, die betreffende Arbeit zu verwirklichen.

Der Mensch, dank seiner physischen und immer wieder erneuerten Arbeit, ist eine Energiequelle.

3. *Die an eine Frist gebundene Arbeit.*

Die Arbeit muss im nützlichsten Augenblick ausgeführt werden ; diese ist an festgesetzte Fristen gebunden, die eine Arbeitsorganisierung schwierig gestalten lässt.

In der Betriebsführung muss man darauf bedacht sein, die Arbeitsnachfrage am besten über das ganze Jahr zu verteilen.

4. *Die Arbeitskenntnisse.*

Die Anpassung der traditionellen Arbeitsmethoden genügt nicht mehr ; man muss diese durch regelmässige und spezialisierte Kenntnisse ersetzen.

5. *Die Entwicklung der Maschinen.*

Die Zusammenarbeit der landwirtschaftlichen Arbeit und der landwirtschaftlichen Technik müssen darauf aus sein, Arbeitsmethoden und Maschinen zu finden, die es ermöglichen den besten Nutzen aus der zur Verfügung stehenden Arbeitskraft in allen Betriebsgrössen und Anbausystemen zu siehen. Man muss bei dieser Gelegenheit davon profitieren, um den Arbeitsplatz zu verbessern, zum Beispiel den Sitz des Menschen auf der Maschine.

6. *Arbeitsproduktivität.*

Jemehr es Maschinen gibt, desto weniger braucht man zur Verfügung stehende Arbeitskräfte, und das Verhältnis der produktiven Arbeitstage kann sehr hoch sein. Es gibt jedoch wirkliche und ökonomische Grenzen der Handarbeitseinsparung.

Es ist die Aufgabe der Arbeitsorganisierung, die optimalen Möglichkeiten u erforschen.

Organisation du travail dans les bâtiments agricoles

par Dr. A. Köstlin
Professeur à l'Institut de Recherches agronomiques, Volkenrode (Allemagne occidentale)

La disposition des bâtiments agricoles a une très grande importance pour les travaux intérieurs, les travaux se rapportant au stockage des approvisionnements, les soins journaliers au bétail, les travaux domestiques et les travaux de la ferme.

Leur grandeur, leurs dimensions et leur disposition ont une importance économique fondamentale.

Les bâtiments agricoles sont une partie de l'ensemble productif d'une exploitation agricole et dès lors, leur grandeur, leur configuration et leur disposition, dépendent du volume de la production ainsi que de la technique de production. Ils doivent satisfaire aux nécessités des travaux intérieurs aussi bien qu'à celles des travaux extérieurs. On est donc tenu à l'élaboration d'un plan fonctionnel de bâtiments agricoles convenant spécifiquement à l'activité économique de l'exploitation agricole.

Nous allons préciser la relation existant entre les bâtiments et les méthodes de culture et de récolte.

I. — Récolte des céréales

a) Battage d'hiver.

Les céréales ont été rentrées non battues à la ferme, l'emmagasinage doit se faire sous toit.

Le lieu d'entrepôt des gerbes constitue jusqu'au battage un grenier à grain et à paille.

Dans ces conditions, le grenier à grain peut être relativement petit et la grange à paille n'est pas absolument nécessaire. La paille reste à la ferme et doit y être utilisée.

La disposition des étables dépend de la méthode de stabulation employée, de la surface des céréales cultivées, du nombre de têtes et de la quantité de paille distribuée chaque jour.

b) Battage à la ferme.

La récolte est battue à la ferme avant l'emmagasinage, le grain battu est entreposé à la ferme pour peu de temps. Le grain à vendre est évacué après le battage. Si le grain est destiné à la nourriture du bétail il doit être emmagasiné ; le grenier doit être d'autant plus grand que le nombre de têtes de bétail est élevé. En règle générale il est deux à trois fois plus grand que dans le cas du battage d'hiver.

Comme pour le battage d'hiver, la paille doit être utilisée à la ferme. La méthode de stabulation du bétail dépend de la quantité de paille, à moins qu'une partie soit destinée à la vente. Il convient donc que la grange soit aussi voisine que possible des étables.

Les granges sont coûteuses et d'autant plus que le poids de paille à y emmagasiner est élevé et que sa densité est plus faible. Le poids spécifique d'une paille normale est d'environ 33 kg/m^3 ; celle de la paille hâchée 60 kg/m^3 et celle des ballots à haute pression 66 kg/m^3.

c) Moissonnage battage.

Le battage se fait au champ. Les greniers à grain doivent être suffisants pour contenir la totalité du grain de la moisson. Pour les régions humides, il convient de prévoir la possibilité de sécher les récoltes.

Comme la paille et le grain ont été séparés au champ, la paille ne doit pas être nécessairement emmagasinée à la ferme ou utilisée pour le bétail puisqu'il est possible de l'enfouir directement sur place. Il suffit seulement de satisfaire aux besoins en paille de la ferme.

La méthode de stabulation du bétail ne dépend plus directement de la quantité de paille. La méthode de stabulation la plus favorable est celle qui nécessite le moins de paille puisqu'il faut moins de bâtiments et moins de main-d'œuvre. La stabulation court-bâti entravée est préférable à la stabulation libre.

Le volume d'emmagasinage peut atteindre la moitié de celui qui est nécessaire dans le cas du battage à la ferme (2 hectares de céréales par tête de gros bétail). Quant au prix de ces bâtiments, il atteint seulement 60 % du prix des bâtiments nécessaires au battage à la ferme.

Le moissonnage-battage autorise la mise de la paille en andain, disposition favorable pour autant que la récolte de la paille ne se fasse pas avec un hâcheur.

Le moissonnage-battage permet de réduire les locaux de stockage de la paille.

La méthode de battage n'influence pas seulement l'emmagasinement des gerbes, pailles et grains, mais le mode de stabulation et l'organisation de l'élevage.

Il prend dès lors une place prépondérante dans l'étude et l'élaboration des plans de construction d'une ferme.

La méthode de moissonnage-battage peut être choisie indépendamment de la grandeur des bâtiments destinés aux produits des cultures de céréales.

Dans le cas de battage à la ferme, le choix de la stabulation dépend de l'importance de la culture des céréales, c'est-à-dire de la surface cultivée par tête de bétail.

Dans une exploitation où la culture du fourrage est importante et celle des céréales proportionnellement plus faible, surface d'étable et poids de litière sont dans le même rapport que dans les exploitations utilisant le moissonnage-battage.

Dans les exploitations où la culture des céréales par tête de bétail est très faible, la stabulation entravée peut être utilisée pour le jeune bétail.

Dans les exploitations où la culture de céréales est importante, le volume d'entrepôts pour la paille par tête de bétail est significativement plus élevée lorsque le battage se fait à la ferme. Pour la valorisation des pailles, la stabulation libre peut présenter un avantage pour les vaches laitières.

2. — **Conservation des fourrages**

Les solutions possibles qui influent sur les bâtiments peuvent se résumer de la façon suivante :

a) Séchage au champ.

Dans le cas où la ration en nourriture brute est importante, il faut un grand volume d'entrepôts pour ce type de nourriture. Les bâtiments doivent être simples et bon marché

b) Séchage sous toit.

L'entrepôt de nourriture brute doit être accessible avec un équipement technique spécial.

c) Conservation en silos.

L'ensilage remplace l'aliment brut. Il faut construire des silos et les locaux d'entrepôts des nourritures brutes deviennent libres. Les locaux de plain-pied sont utilisables de multiples façons. Les locaux de l'étage peuvent servir à l'entrepôt des litières. Le rapport des valeurs alimentaires par unité de volume de l'ensilage de la nourriture brute est de 3 : 1

L'ensilage exige un équipement technique supérieur de l'exploitation agricole.

Ces exemples font remarquer la dépendance étroite existant entre les procédés de production et les bâtiments.

Pour le développement futur des bâtiments on peut tirer les conclusions suivantes :

1) Avec l'emprise croissante de la mécanisation et de la production agricole, le besoin de bâtiments destinés à la conservation d'aliments de haute valeur va croissant aux dépens des bâtiments destinés au stockage de la paille et des aliments bruts.
2) Parallèlement le besoin de locaux de plain-pied croît, sans parler des locaux supplémentaires nécessaires pour abriter les machines.
3) La polyvalence des bâtiments agricoles est importante en ce qu'elle se prête à différentes conditions de production. Il faut encore prendre soin des possibilités futures d'agrandissement.

L'influence économique des bâtiments découle directement de la configuration des lieux de travail.

Ceci signifie que lors du tracé d'un plan du bâtiment, il faut ordonner économiquement les lieux de déchargement, les lieux d'entreposage et les lieux d'utilisation. De façon générale il faut considérer :

1) Le groupement de toutes les dépendances à portée de l'étable et du lieu d'entrepôt des produits et des machines.
2) La distance standard de l'éloignement du lieu de déchargement à celui du stockage et de l'utilisation doit être fixée à 3/4 m, ce qui constitue une portée de fourche.
3) Assurer des voies d'acheminement droites et de plain-pied spécialement pour le transport des marchandises lourdes.
4) L'emploi de l équipement technique nécessaire dans le présent ou qui peut l'être dans l'avenir.

La manutention est directement sous la dépendance des distances à parcourir dans les bâtiments. Cela est dépendant des dimensions géométriques et de l'ordonnance de chacun des locaux. Dès lors, les

bâtiments peuvent influer sur la main-d'œuvre de toute l'exploitation ainsi que sur la nature et l'importance de l'équipement technique.

L'Institut de Recherches sur les Bâtiments a, en matière de travail d'emmagasinement et de travaux à l'étable, distingué deux composantes dans le travail et la main-d'œuvre.

La première dépend de la distance des transports (coefficient d'éloignement) et la deuxième de la quantité et du nombre de pièces à manipuler (coefficient de base).

Il s'ensuit que :

1) Les travaux d'emmagasinement, où le transport du lieu de déchargement au lieu d'emmagasinement se fait à la fourche, croissent de façon significative lorsque la distance à parcourir verticale ou horizontale grandit. Ce sont de telles considérations qui ont amené le succès des souffleurs pour les matières hâchées.
2) Dans l'emmagasinage des matières allongées tels que des ballots, la partie relative au coefficient d'éloignement peut atteindre dans les cas défavorables : 70/80 % des frais totaux de manipulation, alors que dans les cas favorables, notamment lorsque le lieu d'emmagasinement se trouve à portée de fourche du lieu de déchargement, il est nul.

   Tous les lieux d'emmagasinement doivent alors être accessibles aux véhicules.

   Les locaux du rez-de-chaussée et de plain-pied sont préférables aux locaux situés à l'étage.

En matière d'exploitation des étables il est difficile de situer tous les locaux d'emmagasinement à la distance la plus favorable de celles-ci.

Dans le cas de mauvaise disposition des locaux, le coefficient éloignement s'élève à 25 % des frais totaux de manipulation, traite comprise, et dans les cas favorables à 10 % seulement. L'ordonnance des bâtiments peut dès lors influer à raison de 15 % sur les frais de manipulation et de manutention.

Il convient d'emmagasiner le grain et la paille dans le lieu-même de leur utilisation étant donné qu'il est difficile de transporter une grande quantité à la fois ; les substances lourdes comme l'ensilage, les betteraves ou le fumier peuvent être acheminées du lieu ou vers un lieu se trouvant hors de l'étable étant donné qu'elles ne sont pas amenées à la fourche, mais par des moyens mécaniques de transport.

L'effort de réduction de la main-d'œuvre à l'étable doit dès lors porter sur la réduction des coefficients de base des manipulations à savoir celui qui dépend de la quantité et du nombre de pièces à manipuler.

C'est par la mécanisation qu'on peut arriver à réduire significativement ce coefficient de base. Un équipement technique rationnel permet une réduction de 50 % du coefficient de base. La mécanisation de la traite en est un exemple. Il faut noter que le coût de la mécanisation ne dépend pas seulement de la qualité et du nombre de pièces à manipuler, mais également de la distance à parcourir. Les bâtiments comportant un grand nombre de locaux situés à l'étage, de même que des voies d'acheminement anguleuses, exigent un investissement technique plus important que ceux qui sont constitués de locaux situés au rez-de-chaussée et de plain-pied.

L'importance de l'investissement doit être dans la mesure du succès que l'on peut en escompter.

Les nouveaux bâtiments permettent une exploitation économiquement plus favorable que les bâtiments anciens. Les transformations de bâtiments anciens, destinées à leur conférer une valeur économique égale à celle des bâtiments nouveaux, peuvent coûter trois ou quatre fois plus cher que l'équipement mécanique que l'on projette d'y installer, lorsque l'annuité des capitaux investis dans les bâtiments se situe entre 6 et 8 % et celle des capitaux investis dans les machines entre 18 et 25 %.

Nous avons ainsi situé l'importance des bâtiments dans l'économie générale de l'exploitation agricole ; nous avons vu comment une mauvaise disposition de ceux-ci peut défavoriser ou entraver certains procédés de production qui seraient rentables dans l'exploitation agricole.

Résumé.

Les bâtiments agricoles sont destinés à deux fonctions fondamentales.

Ils sont le lieu d'emmagasinement du produit des cultures et le lieu d'exercice d'une spéculation à caractère industriel, dérivant le plus souvent de l'élevage.

Le volume total des bâtiments varie donc avec la nature des cultures et celle de l'industrie de transformation intérieure à la ferme.

Partant d'un volume donné, la valeur économique du bâtiment agricole est fonction de la disposition relative des locaux et de leur accessibilité.

L'Institut de recherches en construction rurale a distingué, en matière de coût des manipulations dans les bâtiments, les frais de transport proportionnels aux distances à parcourir, des frais fixes dépendant de la masse ou du nombre des objets à déplacer.

Ses conclusions sont les suivantes :

1. *Les travaux d'emmagasinement.*

Ils croissent avec les distances à parcourir. Dans l'emmagasinement de masses allongées, des gerbes ou des ballots, les frais de transport peuvent atteindre, dans les cas les plus défavorables, 70 à 80 % des frais totaux de manipulation. Dans les cas favorables où le lieu d'emmagasinement est à portée de fourche, les frais de transport sont nuls. L'accessibilité des locaux est un facteur primordial.

2. *Les travaux attachés à la spéculation bovine.*

Il est difficile de placer tous les locaux d'emmagasinement à l'endroit le plus favorable à l'exploitation de l'étable.

Dans le cas de l'exploitation de l'étable laitière, les frais de transport peuvent varier de 10 à 25 % des frais totaux de manipulation et de manutention selon la disposition des locaux qui desservent l'étable.

Ce sont les frais fixes qu'il convient surtout d'y réduire.

De façon générale, la réduction des frais fixes résulte de la mécanisation et elle doit être d'autant plus poussée que l'accessibilité des locaux est mauvaise.

L'importance de l'investissement est conditionnée par la chance de succès. Ce sont les bâtiments neufs construits en vue d'une spéculation déterminée qui offrent les conditions d'exploitation les meilleures.

Les frais de transformation des bâtiments anciens peuvent atteindre trois ou quatre fois la somme investie dans les machines qui y sont placées.

Organization of work in farm buildings

SUMMARY.

Farm buildings have a twofold fundamental object.

They are the premises on which the harvest is stored, and a more or less industrial activity carried out, mainly in connection with animal husbandry.

The total volume of farm buildings is thus dependent on crops to be stored, and on the kind of industrial processes which are customary on the farm.

Considering a given volume, the economic value of farm buildings is in keeping with the arrangement of the premises and their accessibility.

The Institute for Agricultural Engineering Research has made a distinction, in point of handling costs in the buildings, between transportation costs in proportion to the distance to be covered, and the fixed costs depending on the volume or number of the articles to be moved.

The conclusions are as follows :

1. *Storage.*

The labour involved increases with the distance to be covered. When storing sheafs or bales under improper conditions transportation costs may amount to 70 or even 80 per cent of the total handling costs. Under suitable conditions, where the storage site is within reach of fork, transportation costs drop down to nought. The accessibility of the storing place is of primary importance.

2. *Cattle rearing.*

It is difficult to have all the storage rooms at the most convenient place for fitting stable management. In the case of dairy farming, transportation costs may vary between 10 and 25 per cent of total handling costs, according to the location of storage and service accommodation.

The reduction of the fixed costs should be the main concern.

In general, the reduction of fixed costs results from mechanization which should be the more intensive as the rooms are less accessible.

The importance of investment is conditioned by the possibility of success.

The better conditions are offered by newly constructed and specially designed buildings.

The costs involved in rebuilding older constructions can amount to three or four times the capital invested in the machines housed on the premises.

Arbeitsorganisation in den landwirtschaftlichen Gebäuden

ZUSAMMENFASSUNG.

Die landwirtschaftlichen Gebäude haben zwei grundlegende Aufgaben.

Sie sind der Ort der Einlagerung der Anbauerzeugnisse und der Ort der Ausübung einer Batätigung, die industrielle Eigenschaften hat, und die sehr häufig von der Viehhaltung herrührt.

Der Gesantgebäudekomplex hängt somit von der Art der Anbaukulturen und von der inneren Verarbeitungsindustrie des Hofes ab.

Bei einem gegebenen Gebäudekomplex hängt der wirtschaftliche Wert des lanwirtschaftlichen Gebäudes von der relativen Lage der Räume und von ihrer Zugänglichkeit ab.

Das Institut für Forschungen des landwirtschaftlichen Bauens hat für die Kosten des Manipulierens in den Gebäuden die Transportkosten, die den Entfernungen proportionnel sind, und die festen Kosten, die von der Masse oder der Anzahl der Gegenstände, die an anderen Ort geschafft werden müssen, abhängig sind, unterschieden.

Seine Schlussfolgerungen sind die folgenden :

1. *Einlagerungsarbeiten.*

Diese vergrössern sich mit den Entfernungen, die zurück gelegt werden müssen. Bei der Einlagerung von langen Gegenständen von Garben und Ballen können die Transportkosten in den ungünstigsten Fällen 70 bis 80 % von den Gesamtmanipulierungskosten betragen. In den günstigen Fällen, wo das Einlagern in Reichweite des Greifers geschieht, sind die Transportkosten nichtig. Die Zugänglichkeit der Räume ist ein ausschlaggebender Faktor.

2. *Viehhaltungsarbeiten.*

Es ist schwierig, alle Einlagerungsräume an einem für die Stallarbeiten günstigsten Ort anzulegen.

In dem Fall der Bewirtschaftung eines Milchstalls können die Transportkosten 10 bis 25 % der Gesamtmanipulierungskosten betragen, je nach der Lage der Räume, die zur Stallbewirtschaftung notwendig sind.

Es sind vor allem die Festkosten, die reduziert werden müssen.

Im grossen und ganzen gesehen, ist eine Reduzierung der Festkosten durch eine Mechanisierung möglich, und diese muss um so grösser sein, je schlechter die Zugänglichkeit der Räume ist.

Die Aufwendungsmittel sind durch die Erfolgschancen bedingt.

Es sind vor allem die Neubauten, die im Hinblick auf eine ganz bestimmte Bewirtschaftung gebaut sind, die besten Aussichten für eine rationelle Bewirtschaftung bieten.

Die Kosten eines Umbaus alter Gebäude können das drei- bis vierfache der Investierungssumme der Maschinen betragen.

L'organisation du travail agricole dans les pays tropicaux

par J. Piel-Desruisseaux
Directeur du Laboratoire d'Organisation scientifique du Travail à l'Institut national de la Recherche agronomique, Paris (France)

Introduction : Généralités sur l'organisation du travail

L'organisation est un phénomène général qui est le fait de tout ce qui, au point de vue de la structure et du fonctionnement, répond à des règles ou à des lois précises. Le travail, manifestation humaine, n'échappe pas à ce principe universel de l'organisation.

L'homme a de tout temps organisé son travail ; il suffit de consulter les textes ou les représentations iconographiques pour s'en convaincre. L'organisation du travail n'est pas un phénomène moderne mais une manifestation historique de l'homme.

Tous les hommes cherchent à organiser leur travail d'une manière plus ou moins spontanée et par suite plus ou moins heureuse. Que l'homme travaille en Europe, en Afrique, en Asie ou en Amérique, qu'il soit manœuvre ou ingénieur, son action se traduit toujours par des opérations et des gestes élémentaires analogues dont l'efficacité dépend des méthodes et des moyens utilisés pour la réaliser.

L'organisation du travail se ramène toujours aux mêmes principes : adaptation de l'homme à sa tâche et adaptation des moyens matériels utilisés à l'homme et au travail à réaliser.

L'organisation du travail est devenue une science lorsque les règles qui président à son application ont été formulées et ont pu être appliquées d'une manière systématique. F. W. Taylor, ingénieur américain, et H. Fayol, ingénieur français, furent les promoteurs de l'organisation scientifique du travail.

Les lois de l'organisation scientifique du travail sont générales mais leur application doit revêtir des modalités très différentes en fonction des facteurs fondamentaux qui sont le milieu, l'homme et les moyens.

Les pays tropicaux se caractérisent par un climat dont les éléments : température, humidité, ensoleillement sont défavorables au maintien de l'équilibre biologique normal de l'homme. Dans ces régions économiquement peu évoluées, où la plupart des hommes sont employés à des activités primaires, l'organisation de la production agricole doit être

envisagée en évitant de libérer une main-d'œuvre qui ne trouverait pas d'emploi dans les activités de transformation ou de service, encore insuffisamment développées.

L'alimentation a une influence considérable sur les possibilités physiques du travailleur ; or les pays tropicaux correspondent en général à des régions où l'homme est sous-alimenté.

Les populations qui vivent dans les pays tropicaux sont généralement soumises à des structures tribales qui entraînent l'homme à une conception du travail très différente de celle observée chez les peuples où l'homme travaille pour satisfaire des besoins individuels.

L'homme des tropiques dispose en général d'une seule source d'énergie : ses muscles. L'outillage est extrêmement réduit, d'une conception souvent très primitive et généralement utilisé dans des conditions défectueuses. La mécanisation étant, à des rares exceptions près, impossible et peut-être peu souhaitable à court terme, un effort doit être fait dans l'amélioration des outils traditionnels et leur emploi.

*
* *

Chapitre I. — **Le milieu**

A. — Le milieu naturel.

La température et l'humidité de l'air en particulier constituent des facteurs pouvant influencer physiquement et psychologiquement l'ardeur de l'homme au travail. Une augmentation de la température, par rapport à l'optimum qui est de 13° pour le travail physique et de 18° pour le travail intellectuel, surtout en atmosphère humide entraîne une diminution du rendement du travail et au point de vue psychologique une détérioration de l'attitude de l'homme vis-à-vis de sa tâche.

— *Climat des pays tropicaux.*

Les pays tropicaux ont un climat caractérisé par une forte chaleur, une grande uniformité de la température et une humidité résultant de précipitations très importantes, les régions plus arrosées se situant sous l'équateur.

Ellsworth Huntington, dans ses études se rapportant à l'action du climat sur l'activité humaine, a constaté que le rendement du travail humain est plus élevé dans les régions à « climat stimulant » caractérisé par d'importantes variations de température alors que la constance de la chaleur est préjudiciable à l'activité.

— *Productivité du sol.*

Les sols, sauf ceux des deltas et des vallées alluviales, sont le plus souvent pauvres et d'une extrême fragilité, évoluant très rapidement vers la latérisation sous l'influence de l'intensité des phénomènes climatiques. Toutefois les hommes sont loin de tirer le meilleur parti des terres exploitées ou exploitables ; les rendements sont très faibles : 4 à 7 qx de de blé à l'ha et 8 à 10 qx de riz et la gamme des produits cultivés ou récoltés est limitée.

Les quantités disponibles de produits végétaux ne permettent pas d'entreprendre des spéculations animales. L'alimentation est donc surtout céréalière et la source principale d'énergie dont l'homme peut disposer se réduit à sa musculature.

— *Insuffisance alimentaire.*

Les populations des régions tropicales appartiennent à l'immense majorité des peuples qui souffrent de la faim.

La ration alimentaire est défectueuse quantitativement (inférieure à 2.500 calories par jour) et qualitativement déséquilibrée en faveur des éléments amylacés (l'élevage qui fournit la majeure partie des graisses et protides étant le plus généralement inexistant).

B. — Le milieu économique.

L'organisation du travail doit proposer des solutions applicables en fonction des conditions économiques actuelles de l'entreprise, de la région ou du pays où elles seront réalisées. En particulier, les améliorations proposées doivent être financièrement réalisables et ne doivent pas entraîner un chômage technologique.

Les pays tropicaux disposent des plus faibles revenus, 17 % du revenu mondial pour 68 % de la population de la terre ; leurs possibilités de financement sont donc très limitées.

La répartition de la population active des pays tropicaux entre les trois secteurs d'activité est la suivante : 76 % de primaires, c'est-à-dire agriculteurs, 10 % de secondaires pour la plupart artisans, 14 % de tertiaires, commerçants et services divers. On constate dans ces pays une absence d'industrie et la prédominance d'une agriculture à base de main-d'œuvre.

Dans ces conditions ce serait une erreur d'appliquer à l'agriculture les moyens mécaniques modernes car une partie de la main-d'œuvre rurale se trouverait ainsi sans emploi ne pouvant pas trouver d'occupation dans les villes.

Or ce phénomène de libération du secteur primaire s'est hélas produit sous l'effet de deux causes différentes : attraction des villes et chômage technologique résultant de la mécanisation du travail agricole.

Ces déracinés ne trouvant pas en général d'emplois stables dans les villes sont réduits à la misère physique et morale des zones et des bidonvilles. Même lorsqu'il n'y a pas de chômage apparent, on constate dans tous les pays tropicaux un sous-emploi constant qui se traduit par des foules d'hommes improductifs et inoccupés. Ce sous-emploi entraîne un gaspillage de main-d'œuvre dans les petites exploitations agricoles où les travailleurs excédentaires ont une productivité pratiquement nulle.

L'organisation du travail dans les régions tropicales ne doit pas être calquée servilement sur ce qu'il est possible d'appliquer dans les pays à structure professionnelle évoluée. En particulier l'organisation du travail agricole ne doit pas se traduire par une diminution de la main-d'œuvre rurale tant que les secteurs secondaires et tertiaires ne sont pas en mesure d'absorber les travailleurs libérés du secteur primaire.

C. — Le milieu social.

L'homme vit, agit et travaille en société. La structure de celle-ci a une influence profonde sur l'individu par les contraintes qu'elle lui impose et par tout ce qu'elle est susceptible de lui apporter sous forme d'acquis matériel et intellectuel. L'organisation sociale présente très souvent des caractères archaïques dans les pays des régions tropicales.

Ces pays sont constitués de peuplements composites d'origine, de langue, d'organisation sociale très différentes entraînant des discriminations à base ethnique, religieuse ou sociale.

De telles structures archaïques laissent subsister des formules depuis longtemps disparues dans les pays plus évolués, tels que les systèmes de métayage abusifs, la sous-location de terres par un grand nombre d'intermédiaires, les prêts usuraires asservissant le débiteur à son créancier.

Le passage de l'économie de subsistance à l'économie de marché constitue un véritable bouleversement dans la vie et dans le comportement du travailleur.

Techniquement et économiquement l'habitant des régions tropicales ne peut adopter et assimiler les techniques modernes de travail du fait qu'il ne dispose ni de moyens financiers, ni de compétences suffisantes. Il faut donc maintenir la société rurale traditionnelle par la création de communautés bien adaptées.

L'enseignement rencontre dans la plupart des pays tropicaux une difficulté dans la multiplicité des langues et des dialectes.

L'enseignement de base est presque inexistant, irrégulièrement réparti suivant les classes et les sexes.

Dans la plupart des pays tropicaux la main-d'œuvre est nombreuse mais les travailleurs qualifiés sont rares. La main-d'œuvre salariée représente une proportion minime de la population. L'instabilité dans l'emploi constitue également une entrave à la formation professionnelle.

*
* *

Chapitre II. — L'homme

A. — Le travail humain.

Les différences de productivité constatées entre les travailleurs doivent être attribuées aux conditions du milieu (chaleur et humidité), à l'alimentation (bilan énergétique), à l'état de santé des travailleurs et à leur psychologie.

Le travail musculaire se traduit par une consommation d'éléments énergétiques (glucides et lipides) provenant des aliments, par une consommation d'oxygène provenant de l'air inspiré et une production d'énergie, de chaleur et de déchets en particulier l'anhydride carbonique et l'acide lactique. La mesure du travail musculaire est effectuée à partir de la consommation d'oxygène nécessaire à la combustion des éléments énergétiques.

Les dépenses énergétiques de l'homme se classent en trois groupes :

— dépenses de base ou de fond entraînées par l'entretien de la vie et la régulation thermique pouvant atteindre chez l'adulte de 1500 à 2000 kilocalories par 24 heures ;

— dépenses statiques qui sont celles entraînées par le maintien du corps dans les différentes positions variant entre 200 et 500 kilocalories par 24 heures ;

— dépenses de travail : on estime globalement qu'un travail léger exécuté assis entraîne une dépense de 125 kilocalories par heure, un travail moyen de 125 à 250 kilocalories par heure, un travail fort correspondant à une dépense de 250 à 275 kilocalories par heure.

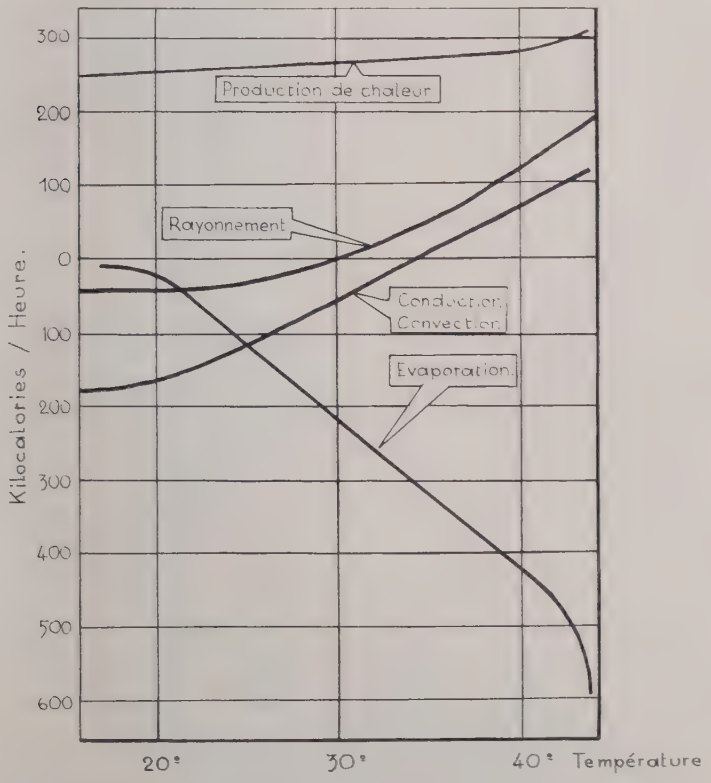
Les conditions techniques et climatiques dans lesquelles se déroule le travail dans les pays tropicaux tendent naturellement à grossir les dépenses énergétiques nécessaires à la régulation thermique et au travail musculaire.

Pour faire face aux dépenses énergétiques, l'homme doit recevoir et disposer d'éléments énergétiques. Ceux-ci sont constitués essentiellement par des glucides (hydrates de carbone) et des lipides (graisse). Les protides ne constituent par des éléments énergétiques mais ils peuvent être utilisés comme tels dans certains cas et leur valeur est équivalente à celle des glucides.

Les aliments ont été analysés et des tables indiquent leur composition en éléments énergétiques, sels minéraux et vitamines.

Le calcul des disponibilités énergétiques et par suite de la quantité de travail qu'un homme peut normalement exécuter s'évalue en tenant compte de l'énergie fournie par l'alimentation, des dépenses énergétiques nécessaires au métabolisme basal, à la thermogénèse et au maintien des attitudes et des postures.

Les répercussions de la sous-alimentation sur le rendement du travail sont fréquemment constatées dans les régions tropicales et ont pu être observées dans un grand nombre de pays d'Europe au cours des années de famine durant la seconde guerre mondiale.



En 1949, le Professeur Keys de l'Université du Minnesota entreprit une expérience sur les effets de la dénutrition. Une des conclusions de l'expérience au point de vue physiologique réside dans la diminution de la capacité de travail montrant ainsi que l'alimentation a une influence sur l'énergie musculaire et sur la possibilité de soutenir

un effort de travail : l'homme ne peut fournir d'effort physique qu'en fonction des disponibilités énergétiques dont il dispose. Il convient donc de s'assurer que non seulement l'ouvrier reçoit une nourriture suffisamment abondante mais également assez riche pour faire face à ses dépenses d'énergie.

Dans les régions tropicales où l'alimentation est insuffisante quantitativement et qualitativement, le premier devoir de tout employeur de main-d'œuvre appelée à fournir un effort musculaire est de procurer à celle-ci une nourriture suffisante.

B. — Le travail et la chaleur.

Le climat tropical, caractérisé par la chaleur, l'humidité et l'insolation intense, a une action profonde sur l'organisme humain et constitue une ambiance de travail très particulière. Chaleur et humidité ont une action dépressive sur la production du travail. S. Biesheuvel, à la suite d'observations faites sur des travailleurs de race blanche, a remarqué qu'il est impossible de maintenir d'une manière permanente un rendement élevé dans les travaux manuels lorsque la température du milieu atteint 25° avec un taux d'humidité de 40 à 70 %; or ces chiffres sont les caractéristiques permanentes des climats des pays tropicaux en général.

Il existe un échange thermique constant entre le corps et le milieu qui se traduit par un bilan positif ou négatif pour l'organisme qui doit réagir pour rétablir et maintenir l'équilibre lorsque celui-ci est rompu. A partir de 35°, à la production de chaleur du corps humain par le métabolisme et par le travail vient s'ajouter celle fournie par le milieu. La déperdition de chaleur se fait par la circulation cutanée : la polypnée (accélération du rythme respiratoire) et surtout par l'évaporation de la sueur à la surface de la peau. L'évaporation est d'autant plus rapide et par suite plus efficace que l'humidité de l'air est plus basse. Winslow et Herrington ont montré que la baisse de l'humidité relative de l'air permet de reculer la limite supérieure supportable de la chaleur.

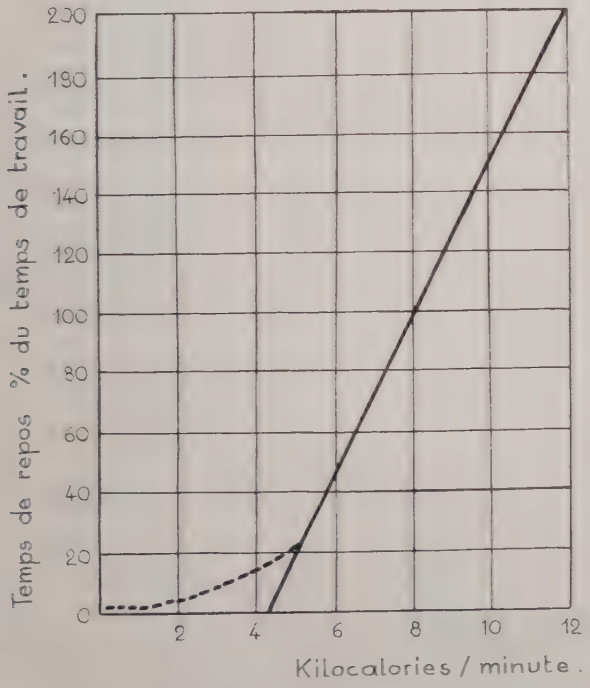
Parmi les réactions de l'organisme contre la chaleur, les plus nettes sont l'accélération cardiaque, la vaso-dilatation périphérique, la sudation intense et l'oligurie (diminution de l'excrétion urinaire). En température chaude et humide le rythme cardiaque est beaucoup plus élevé que pour le travail en atmosphère normale et le temps de décélération du rythme cardiaque est beaucoup plus lent. La vaso-dilatation périphérique permet au sang d'intervenir dans la régulation thermique, les capillaires fonctionnent comme des échangeurs de température. Quand la température dépasse celle correspondant à la zone de régulation vasomotrice, qui est située aux environs de 35°, la sécrétion et

l'évaporation de la sueur constituent un moyen important de régulation thermique. La quantité de sueur sécrétée sous les tropiques peut atteindre 1 à 2 litres à l'heure et 10 à 12 litres par jour. Si cette perte d'eau n'est pas compensée par une adaptation de l'organisme et une ration en liquide suffisante, des accidents de déshydratation peuvent se produire.

Dans les pays tropicaux, il est nécessaire d'adapter les méthodes et les techniques de travail aux conditions sévères du climat. Il faut également tenir compte que la chaleur constitue non seulement un facteur d'inconfort mais également un phénomène limitatif de l'énergie disponible pour le travail.

C. — La fatigue et le repos.

Prolongé au-delà d'une certaine limite, le travail physique ou intellectuel entraîne l'apparition de modifications anormales dans le fonctionnement de l'organisme, dont l'ensemble constitue ce qu'on appelle la fatigue.



Les symptômes les plus perceptibles sont : l'accélération du rythme respiratoire qui est normalement chez l'homme de 16 cycles par minute ;

l'accélération du rythme cardiaque qui est en général de 75 pulsations par minute. Les réactions de défense de l'organisme contre l'élévation de température se traduisent par la congestion de la face et la sudation. Perception douloureuse au niveau des muscles et des articulations : tétanisme musculaire se manifestant par des crampes ; prostration, sensation de lassitude et de malaise apparaissent quand le système nerveux est atteint. Lorsque la fatigue atteint ces limites il y a surmenage.

La fatigue est un phénomène d'intoxication apparaissant lorsque le muscle travaille anormalement ; elle est due notamment à l'accumulation d'acide lactique dans le muscle. Pour que le muscle fonctionne sans fatigue il faut que le sang apporte une quantité d'oxygène suffisante à la destruction de l'acide lactique au fur et à mesure de sa formation dans le muscle ; dans le cas contraire ce déchet s'accumule dans le muscle et il s'ensuit une dette d'oxygène

Il ne faut pas attendre l'apparition des symptômes alarmants de la fatigue pour intervenir et le seul moyen de les éviter consiste à suspendre tout activité physique et intellectuelle, c'est-à-dire prendre du repos.

La durée du repos dépend de l'effort fourni dans le travail.

Helmut Spitzer a dressé un graphique permettant de calculer le temps de repos en pourcent du temps de travail, en fonction de la dépense d'énergie exprimée en kilocalories par minute.

En atmosphère surchauffée, l'organisme ne peut plus se refroidir par les seuls phénomènes d'échange thermique de la peau et l'évaporation de la sueur.

Une partie du flux sanguin étant dérivée dans la peau pour augmenter les phénomènes d'échange thermique, les muscles ne disposant plus que d'une partie du flux sanguin reçoivent moins d'oxygène et la récupération musculaire se trouve ralentie et sa dette d'oxygène augmente au cours de l'effort.

Il est nécessaire en climat tropical d'appliquer en plus des règles générales d'organisation se rapportant au travail dans les régions tempérées, un certain nombre de précautions de manière à éviter les accidents occasionnés par la fatigue. Il faut éviter de travailler durant les heures chaudes de la journée et l'exposition prolongée au soleil. Il est nécessaire de calculer la dépense d'énergie indispensable à l'exécution des tâches en fonction des ressources alimentaires et du bilan énergétique des travailleurs. La fréquence, comme la durée du temps de repos, doivent être calculées de manière à empêcher l'apparition des symptômes de fatigue.

D. — Attitude psychologique du travailleur.

L'homme ne peut donner toute sa puissance de travail, avec le minimum d'effort et de peine et le maximum de satisfaction matérielle,

intellectuelle et morale, que s'il est bien adapté physiquement, intellectuellement et psychologiquement à son travail.

Dans les pays tropicaux, le travail est souvent considéré comme simple moyen et non comme expression de la personnalité. Cette conception limite le travail à la satisfaction des besoins. Une autre cause de l'attitude de l'africain vis-à-vis du travail résulte de la structure sociale. La vie tribale permet une division du travail entre les hommes, les femmes et les enfants. Cette division du travail est devenue rituelle et elle s'accompagne de cérémonies traditionnelles à base religieuse. Dans la tribu l'homme travaille en collectivité, il est donc mal préparé à la tâche individuelle des entreprises européennes. Enfin la notion de temps est complètement indépendante de la notion de travail.

Le premier trait de caractère du travailleur africain est son instabilité. L'africain change souvent d'entreprise et d'emploi, de plus l'absentéisme est fréquent. On reproche parfois au travailleur africain un manque de conscience professionnelle, dont la cause est due essentiellement au milieu humain.

Le professeur Ombredane a démontré que les causes des difficultés d'adaptation de l'africain aux méthodes et aux techniques modernes sont dues essentiellement à la scolarité et la langue.

Dans les régions insuffisamment équipées et ne disposant pas de moyens financiers importants, les aménagements ne peuvent être que collectifs. Or, dans les pays où la structure sociale naturelle est collective, il est facile d'implanter des sociétés de personnes du type coopératif. La seule difficulté réside dans le choix des hommes pour les animer et les diriger. Dans le cadre collectif rénové, la main-d'œuvre excédentaire pourrait être utilisée à des travaux collectifs d'aménagement, ce serait un moyen de pallier l'épargne monétaire inexistante comme le suggère Yves Lacoste.

*
* *

Chapitre III — **Les moyens de travail**

A. — L'outillage agricole.

De tout temps et chez tous les peuples, l'homme a cherché à alléger sa peine et rendre plus efficace son travail en s'aidant de moyens mécaniques plus ou moins perfectionnés.

Dans les pays tropicaux, la mécanisation de l'Agriculture s'arrête actuellement au stade de l'outil.

— *Outillage traditionnel.*

L'outillage agricole traditionnel généralement utilisé dans les régions tropicales est très réduit et souvent extrêmement rudimentaire. L'outil de travail du sol le plus répandu est la houe qui revêt des formes et des dimensions extrêmement variables d'une région à l'autre, mais dans tous les cas on constate que les manches sont courts : 50 cm de longueur, obligeant l'ouvrier à adopter une position courbée pendant le travail.

La houe africaine constitue donc un instrument mal adapté à l'homme qui, déjà insuffisamment alimenté, augmente sa dépense d'énergie par une position défectueuse du corps pendant le travail.

La mauvaise adaptation des outils traditionnels porte également sur la qualité du travail et son rendement.

On constate donc, du fait de l'utilisation d'outils traditionnels mal adaptés à l'homme et au travail, un gaspillage d'énergie chez des ouvriers qui devraient économiser leurs dépenses énergétiques. Non seulement l'ouvrier des tropiques travaille peu parce qu'il mange mal, mais de plus il gaspille ses forces par l'emploi de mauvais outils.

— *Qualités de l'outillage.*

Il importe d'étudier la forme et les dimensions des outils en fonction de leur usage. Il faut éviter les outils à usages multiples qui fréquemment ne permettent d'exécuter aucun travail d'une manière convenable.

Les outils doivent être adaptés à la taille et à la force de l'ouvrier, d'où nécessité d'étudier leurs dimensions et leur capacité.

L'outil doit non seulement résister à une usure anormale mais is doit pouvoir subir des surcharges entraînées par l'hétérogénéité de produits. Cependant le poids de l'outil doit être aussi faible que possible de manière à limiter l'effort de l'ouvrier.

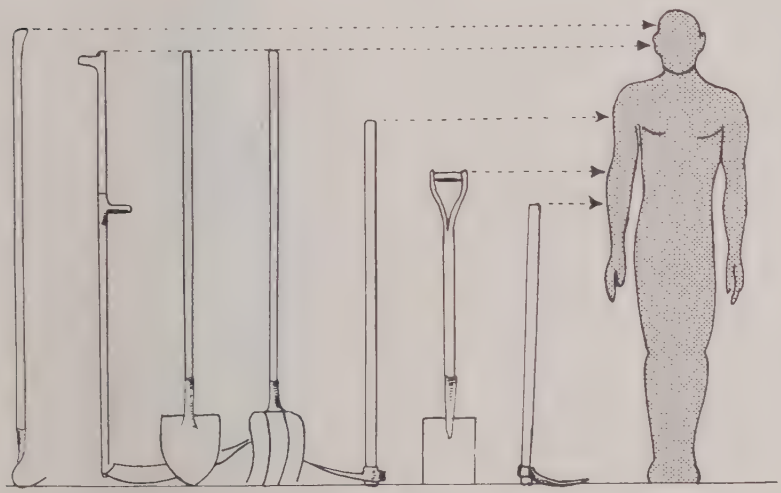
— *Petit outillage agricole.*

La plupart des outils agricoles employés dans les régions tempérées sont utilisables dans les régions tropicales. Des études ont été entreprises et sont en cours dans les divers instituts de recherches d'organisation du travail pour fixer les normes des outils agricoles.

Les agriculteurs des régions tropicales doivent bénéficier de ces recherches. Les dirigeants et les conseillers de ces agriculteurs ne doivent pas les ignorer en vue d'orienter les achats et les fournitures de leurs ressortissants en matériel bien conçu et bien adapté.

Certains outils, en raison de la précision des opérations à effectuer, doivent être tenus ou fixés à la main. C'est le cas de certaines binettes, des sécateurs, du crochet à récolter le maïs. Ces outils doivent présenter des organes de préhension ou de fixation permettant de les maintenir solidement sans risque de glissement.

De nombreux outils peuvent être fixés à l'extrémité d'un manche permettant à l'ouvrier de travailler en position droite, moins pénible et moins dispendieuse que la position courbée. L'emploi d'un manche accroît parfois l'efficacité de l'outil, c'est le cas des outils de manutention dont la longueur du jet est augmentée. L'angle de l'outil par rapport au manche doit être variable, de manière à adapter l'angle d'attaque de la pièce travaillante suivant la taille de l'opérateur. La longueur du manche d'un outil de manutention doit permettre un jet horizontal de 4 mètres et de 2 à 3 mètres en direction verticale, tout en assurant à l'ouvrier une position de travail confortable.



Étant données les caractéristiques économiques et sociales des peuples vivant dans les régions tropicales, il est difficile de se prononcer sur la nécessité de la mécanisation et de la motorisation.

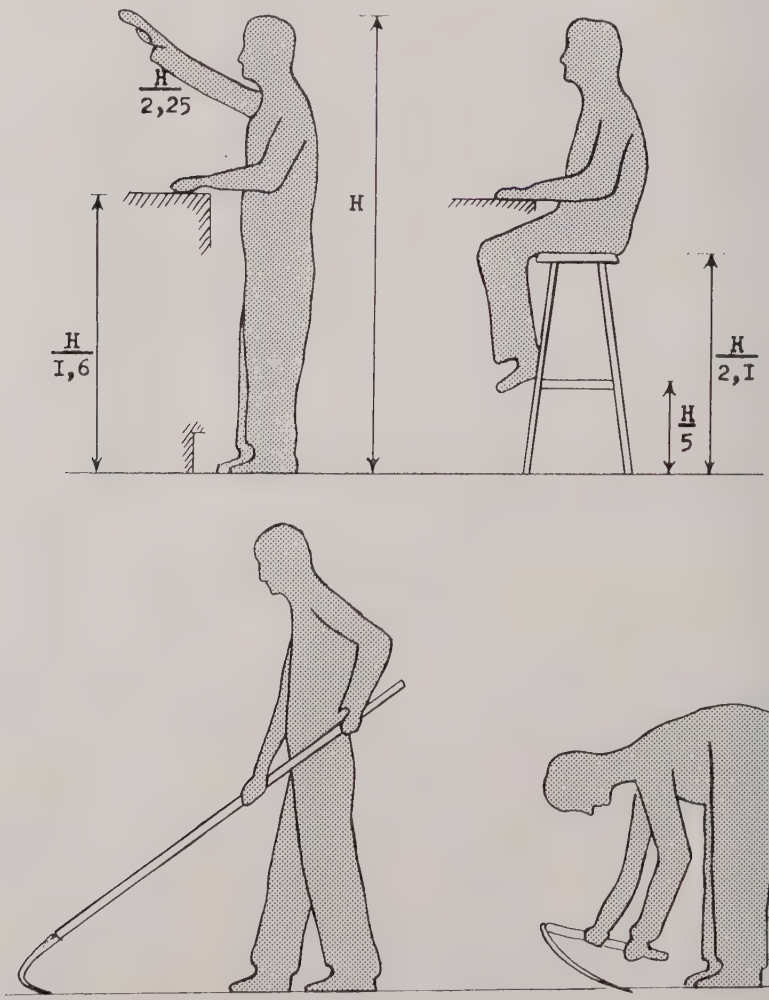
La mécanisation exige un moyen de traction plus puissant que l'homme. Or de nombreuses régions sont totalement dépourvues de cheptel de trait par suite de l'absence de productions fourragères ou de conditions naturelles défavorables.

René Dumont, dans son *Économie Agricole dans le Monde*, parlant de la modernisation agricole en Afrique équatoriale dit : « Ces petits progrès de détail... auraient, tous conjugués, une efficacité marquée sur la productivité du travail agricole. Elle serait probablement plus importante au départ, à capital égal, que la motorisation des grandes plantations ». Ce raisonnement ne vise pas à condamner cette dernière. Mais comme nous ne pouvons pas, en un seul quinquennat, motoriser toute l'agriculture africaine, des efforts plus importants devraient être

aussi portés sur ce groupe d'améliorations moins spectaculaires quoique souvent plus efficaces ».

B. — Les techniques de travail.

L'homme travaillant dans un milieu donné et doté d'un outillage ou d'un matériel déterminé peut obtenir un résultat très différent suivant la technique de travail qu'il adopte. Cette technique réside en particulier sur la position du corps et des gestes qu'il est amené à effectuer compte tenu de l'aménagement du poste de travail.



On constate que, dans la plupart des pays tropicaux, les techniques sont très peu évoluées et fréquemment irrationnelles. La planification, l'organisation, la prévision du travail sont totalement ignorées.

L'habitant des tropiques n'est pas comme on l'a dit trop souvent un paresseux, au contraire, il peine beaucoup compte tenu de ses possibilités physiologiques et des conditions sévères d'ambiance dues au milieu, mais ce que l'on peut affirmer c'est qu'il travaille mal et ne sait pas économiser son effort et sa peine.

Il est nécessaire non seulement de doter les agriculteurs des tropiques d'outils plus perfectionnés que le matériel dont ils disposent mais il faut également leur apprendre à les utiliser rationnellement et à travailler dans des conditions physiologiques plus économiques.

— *Techniques rationnelles de travail.*

La position du corps a une grande importance sur l'économie d'énergie et l'élimination de la fatigue occasionnée par le travail statique qui en résulte. Dans les travaux exigeant la station debout, le corps doit être droit et non plus ou moins courbé car, dans cette position les grands muscles du dos et des jambes sont contractés. La position verticale du corps peut être obtenue en disposant le plan de travail à une hauteur optimum. Lorsque ce plan de travail est constitué par le sol, l'ouvrier doit disposer d'outils munis de manche dont le longueur permet de travailler dans une position aussi droite que possible.

Chaque fois que le travail se déroule à poste fixe, l'exécutant doit avoir la possibilité de travailler alternativement debout ou assis.

Le travail se manifeste par des mouvements entraînant des déplacements du corps ou d'objets. Ces mouvements sont caractérisés par un effort musculaire, une amplitude et éventuellement un rythme.

L'homme ne peut fournir qu'un effort limité qui varie d'un individu à l'autre en fonction du sexe, du développement musculaire et de l'entraînement. W. E. Woodson a procédé à des études de forces susceptibles d'être employées avec les différentes parties du corps suivant différents gestes.

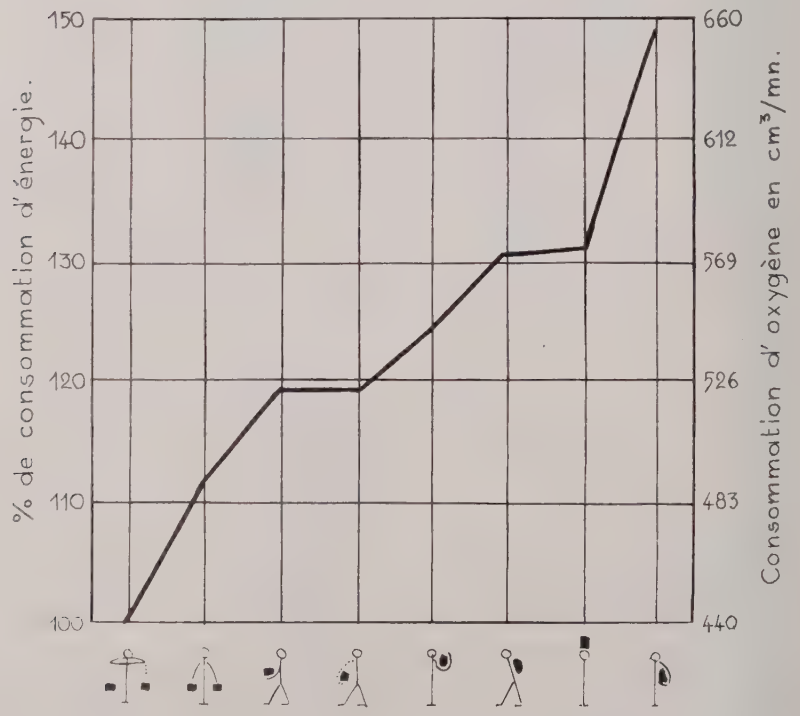
Dans l'aménagement du poste de travail, le matériel, les objets et les produits nécessaires doivent être placés dans des zones d'accès faciles pour éviter une trop grande amplitude des gestes et le déplacement de grandes masses musculaires.

Les muscles ne peuvent rester contractés en permanence, sinon le phénomène de fatigue apparaît rapidement et devient insupportable. Par contre l'alternance des contractions et des décontractions permet aux muscles de fournir un travail prolongé sans fatigue anormale. L'exécution d'un travail exigeant une grande dépense d'énergie doit être réalisée dans le temps le plus court, de manière à maintenir les

muscles en contraction le moins longtemps possible. Dans les opérations qui comportent une répétition de gestes le travail doit être effectué suivant une certaine cadence. Il importe donc de déterminer le rythme d'un travail pour un individu de taille donnée, de manière à réduire sa fatigue et à adopter une cadence dite d'infatigabilité.

— *Amélioration des techniques de portage.*

Dans la plupart des régions tropicales, le mode de portage le plus employé est celui qui consiste à transporter les charges en équilibre sur la tête. Sauf les quelques régions où l'on emploie le balancier d'épaule qui constitue un léger progrès, on n'utilise pratiquement jamais de moyens mécaniques tels que la brouette ou de petits véhicules qui permettraient même en l'absence d'animaux de trait d'augmenter le poids des charges transportées et de diminuer l'effort dépensé.



La pratique montre que la méthode de portage à adopter varie suivant la nature et l'encombrement de la charge.

Il ressort d'une étude réalisée par M. E. Bedale que, dans tous les

cas, quelle que soit la charge transportée, l'emploi du joug d'épaules constitue la méthode la plus économique. Jusqu'à la charge de 20 kilogrammes, le transport à bout de bras est la méthode qui donne les résultats les plus proches de ceux obtenus avec l'emploi du joug. A partir de 25 kilogrammes de charge, quelle que soit la méthode utilisée, la dépense d'oxygène et par suite d'énergie dépasse de plus de 30 pour cent celle entraînée par l'emploi du joug.

Il y a longtemps qu'on utilise le joug d'épaules mais les dispositifs adoptés ont l'inconvénient d'être lourds, d'augmenter par conséquent de leur poids celui de la charge et d'être pénibles à porter par suite du contact du bois sur les épaules et l base du cou.

Il existe actuellement un joug, facilement réalisable par un artisan local et dont la forme, rationnellement étudiée supprime les inconvénients signalés ci-dessus. Ce joug facile à construire est susceptible de rendre les services dans les régions où les moyens de transport sont encore réduits au portage à main.

— *Petits véhicules de transport.*

Il faut chaque fois qu'il est possible remplacer le portage par le roulage, en utilisant un matériel bien adapté. La brouette ordinaire à roue ferrée n'est pas rationnelle, de capacité réduite, avec une charge de 70 kilogrammes on enregistre une traction de 30 à 40 kilogrammes sur les bras du conducteur. L'idéal serait d'utiliser un véhicule à deux roues, mieux équilibré et qui permettrait de mieux répartir les charges. Cependant cette solution est à rejeter compte tenu de l'état des pistes. La solution d'une mécanisation des transports dans les régions tropicales pourrait être résolue en utilisant des véhicules à une roue disposée au centre d'un bâti sur lequel le chargement est réparti de chaque côté : type brouette chinoise. Les régions tropicales doivent bénéficier des méthodes rationnelles de travail admises dans les régions tempérées. Elles doivent partout être appliquées au travail humain, la mécanisation et la motorisation n'étant possibles que dans des cas particuliers. Toutefois le travail humain n'exclut pas l'emploi de techniques plus rationnelles et d'un outillage facile à construire, par les artisans locaux, de faible prix, adaptés aux conditions particulières d'emploi mais cependant susceptibles d'alléger la peine des travailleurs.

C. — La formation professionnelle.

Parmi les causes humaines de la stagnation technique et économique des conditions de vie des pays tropicaux, la structure sociale freinant toute émancipation individuelle et la scolarisation presque absente sont essentielles.

Le résultat de cette situation se traduit chez les individus par un manque complet de compétences professionnelles et une attitude passive devant le progrès. Même chez les ouvriers évolués, utilisant des machines ou des moteurs, on constate une attitude essentiellement utilitariste, un manque de curiosité intellectuelle, de connaissance des causes et des principes. Cette attitude foncièrement pratique, pragmatique peut s'expliquer par le fait que ces hommes, ne possédant aucune formation intellectuelle et soumis à des influences naturelles, sociales, politiques qui dépassent leur entendement, sont toujours prêts à considérer normalement les méthodes ou les objets les plus insolites, sans cependant les accepter et les utiliser à leur profit.

— *Les cadres :*

Les pays des régions tropicales manquent de cadres techniques et surtout de techniciens agricoles. Cette carence a plusieurs causes : le nombre de gens capables et compétents est réduit, les gens évolués dédaignent l'agriculture et leur préfèrent les tâches administratives, la plupart de ces pays ne dispose pas encore de moyens d'enseignement agricole destinés à la formation des cadres.

Les agents destinés à contribuer à l'évolution technique d'une masse de population agricole ne sachant ni lire, ni écrire, doivent être sélectionnés et formés en fonction des conditions particulières du milieu dans lequel ils doivent agir. Il est nécessaire d'envisager trois catégories d'agents : des moniteurs, des assistants agricoles, des cadres supérieurs. Les moniteurs sont destinés à rester en contact permanent avec les populations rurales ; ils disposent d'une circonscription leur permettant de connaître tous les habitants et leurs problèmes. La connaissance parfaite de la langue autochtone est indispensable à l'action des moniteurs. Les moniteurs doivent être sélectionnés en fonction de leurs qualités de contact humain. La formation des moniteurs doit comporter des connaissances du niveau primaire et des connaissances professionnelles essentiellement pratiques.

L'action des moniteurs sera contrôlée et améliorée par les assistants agricoles au cours des interventions fréquentes. Ces agents doivent recevoir une instruction générale primaire supérieure et une bonne formation technique agricole dispensée dans des écoles d'agriculture, où ils recevront un enseignement général théorique et pratique en agronomie, zootechnie tropicales et en organisation du travail et où ils seront orientés par un enseignement spécial vers la vulgarisation ou la coopération.

Les assistants ayant reçu une formation coopérative sont destinés à animer et diriger ces organismes.

Les cadres supérieurs doivent être des agronomes ayant reçu une formation technique sérieuse dans des instituts ou des écoles supérieures d'agriculture dans des pays possédant déjà ces organismes. Ces agents supérieurs doivent avoir une double activité technique et pédagogique, de manière à rester continuellement en contact avec la réalité des problèmes à résoudre.

Ces agronomes seront chargés des cours dans les écoles d'agriculture. Grâce à cette activité pédagogique, ils orienteront la formation des agents techniques vers les problèmes dont ils auront constaté l'importance et l'urgence. Au cours de leur activité technique, ils connaîtront bien humainement les agents qu'ils auront eus comme élèves.

Mais il importe de ne pas commettre l'erreur qui consiste à charger des ingénieurs ou des techniciens qui pensent machines, moteurs et grands travaux de faire l'éducation d'une population illettrée qui n'est pas encore parvenue au stade de la roue et de la traction animale.

— *Technique de formation.*

Il convient d'insister sur la nécessité d'adopter des méthodes bien adaptées.

La formation professionnelle agricole dans les pays tropicaux devra atteindre les adultes mais aussi elle devra être envisagée dès l'école primaire.

Au cours de la scolarité, lorsque l'adolescent est encore à l'école et présente des qualités de réceptivité, cette formation aura pour but d'inculquer au jeune les éléments de son métier d'agriculteur.

Le perfectionnement professionnel doit s'adresser aussi à des adultes qui n'ont parfois reçu aucun entraînement intellectuel et qui souvent n'ont aucune idée, ni envie de modifier leurs méthodes de travail.

Le problème le plus délicat réside dans la formation des moniteurs de base. Le perfectionnement des moniteurs doit être poursuivi d'une manière continue au cours de réunions fréquentes organisées par les assistants agricoles.

Les solutions aux problèmes de formation et d'information agricoles doivent être adaptées aux conditions particulières des régions tropicales. Ce serait une erreur de vouloir transposer, sans les adapter, les méthodes utilisées dans les régions tempérées où les conditions de milieu, les problèmes humains, techniques et économiques sont très différents.

*
* *

Conclusion

L'organisation du travail agricole dans les régions tropicales doit être bien adaptée aux conditions particulières du milieu physique, du milieu économique et du milieu social.

Si, en Europe, l'étude du travail humain n'a été entreprise d'une manière systématique qu'au cours de ces dernières années, par contre on peut dire que ce problème n'a pour ainsi dire pas encore été abordé en ce qui concerne les habitants des tropiques.

Il est nécessaire et on doit s'en réjouir de voir les pays privilégiés se préoccuper du développement et de l'évolution des régions moins favorisées par la nature. Mais cette aide doit être basée sur une connaissance parfaite des besoins et des moyens susceptibles d'être appliqués et acceptés par les intéressés.

Nous souhaiterions en conclusion que les travaux poursuivis dans les laboratoires de recherches sur les problèmes du travail en général et du travail humain en particulier, de la rationalisation des techniques, de l'amélioration de l'outillage traditionnel, de l'introduction de l'outillage amélioré puis du machinisme, soient étendus aux pays tropicaux.

Nous avons essayé de dégager schématiquement la situation actuelle et les données générales du problème ; il reste encore un gros effort d'application pratique à faire et nous sommes persuadé que les bonnes volontés ne manquent pas à tous les échelons des responsabilités pour collaborer à l'amélioration du travail et de la vie des peuples tropicaux.

Résumé.

L'organisation scientifique du travail peut et doit s'appliquer à toutes les activités humaines, en vue de tirer un meilleur parti des moyens mis en œuvre et à assurer le maximum de satisfaction à ceux qui agissent et bénéficient de l'action.

Que le travail se déroule dans des régions à climat froid, tempéré ou chaud, dans des pays fortement équipés ou seulement en voie d'équipement, les problèmes d'organisation du travail ne doivent pas échapper aux dirigeants qui ont la responsabilité de faire agir des hommes.

Si les lois de l'organisation du travail sont générales, par contre leur application peut et doit revêtir des modalités très différentes suivant les circonstances.

L'exécution d'un travail dépend de trois grandes catégories de facteurs : le milieu, l'homme, les moyens.

Parmi les facteurs naturels du milieu, le climat revêt une importance particulière dans les pays tropicaux.

Dans ces régions, le climat présente des caractéristiques de température, d'humidité, d'ensoleillement défavorables au maintien de l'équilibre biologique normal de l'homme ; il importe donc d'adapter et d'organiser le travail en fonction de ces conditions naturelles.

Le milieu au point de vue économique a une influence sur la nature des activités et des tâches à exécuter. Dans les régions tropicales, généralement

peu évoluées, la plupart des hommes sont employés à des activités primaires, aussi l'organisation du travail doit être orientée vers la solution des problèmes de production agricole, en évitant de libérer trop brusquement une main-d'œuvre qui ne trouverait pas d'emploi dans les activités de transformation (industries) ou de services (commerce, transport, administration etc...), ces dernières n'étant pas suffisamment développées.

Les problèmes humains du travail doivent être envisagés sous deux aspects : celui de l'homme producteur d'énergie mécanique et celui de l'homme, être pensant, qui réagit psychologiquement vis-à-vis du travail.

Les pays tropicaux correspondent généralement à des régions où l'homme dispose d'une alimentation insuffisante en quantité et en qualité. Il faut tenir compte de ce facteur limitatif des possibilités d'action physique du travailleur.

Au point de vue psychologique, la réaction de l'homme devant le travail est étroitement liée aux structures sociales et aux traditions des peuples. Les populations qui vivent dans les pays tropicaux sont généralement soumises à des structures tribales qui entraînent l'homme à une conception du travail très différente de celle observée chez des peuples où l'homme travaille pour satisfaire des besoins individuels.

Au point de vue technique, le travail dans les régions tropicales est surtout réalisé par l'homme. Les moyens d'action dont il dispose sont très limités.

Dans certaines régions, la seule source d'énergie utilisable est celle de ses muscles, à l'exception même de l'énergie animale, les ressources alimentaires ne permettant pas l'entretien de bétail de trait. L'outillage est extrêmement réduit et d'une conception souvent très primitive.

Cette faiblesse des moyens techniques est aggravée du fait qu'ils sont fréquemment utilisés dans des conditions défectueuses. Il n'est donc pas question dans ces pays d'appliquer une mécanisation et moins encore une motorisation très poussée, les moyens financiers étant inexistants, par contre un effort doit être fait dans l'amélioration des outils traditionnels et de leur emploi.

Labour organization in agriculture in tropical countries

SUMMARY.

Scientific organization of labour can and must be applied to all human activities, so as to derive the greatest possible benefit from all the efforts brought into play, and to ensure the greatest possible satisfaction for those who act and profit from the action.

Wether labour takes place in cold, temperate or warm regions, in fully or in under-equipped countries, those in charge, who are responsible for making the people work, must face the problems of organization of labour.

If the laws governing labour organization are general, their application can, on the contrary, vary a great deal according to circumstances.

The carrying out of a task depends on three main factors : environment, man, means.

Among the natural environmental factors, the climate is particularly important in tropical countries.

In those areas, temperature, humidity and sunshine are deteriorating for the normal biological equilibrium of the human being ; it is therefore essential to adapt and organize labour in terms of natural conditions.

The economic environment influences the nature of the activities and of the tasks to be fulfilled. In tropical areas, which are generally under-developed, the majority of the people are engaged in primary activities, therefore the organization of labour must be directed towards the problems of agricultural production, whilst avoiding the abrupt freeing of workers who could not be employed in the transformation activities (industry) or in commerce, transport, administration, etc., the latter activities being not sufficiently developed.

The human labour problems have a twofold aspect : that of the human being as a produce of mechanical energy, and that of a reasoning being, who reacts psychologically when faced with the problem of labour.

In tropical countries there is generally a shortage of food both in quantity and in quality. One must reckon with this factor which limits the physical possibilities of the worker.

Psychologically, the reaction of the human being towards labour is closely linked with the social structures and traditions. In tropical countries tribal structures are widespread. They involve a conception of labour which differs greatly from that found in countries where labour has the object of fulfilling individual needs.

Technically, in tropical areas labour is mainly performed by the human being, mechanical means being very limited.

In certain areas, man's muscles are the only available source of energy, lacking even animal energy as the food shortage prevents the upkeep of draught animals. The equipment is extremely reduced and often very primitive.

These technical shortcomings are aggravated by the fact that the available means are frequently used under defective conditions. It is therefore out of question to mechanize, or even less to motorize, those countries to any great extent, financial possibilities being non-existant, but it must be attempted to improve traditional tools and their use.

Die landwirtschaftliche Arbeitsorganisation in den tropischen Ländern

Zusammenfassung.

Die wissenschaftliche Organisation der Arbeit kann und muss für alle menschlichen Tätigkeiten angewendet werden, um das Bestmöglichste aus den angewandten Mitteln zu erlangen, und denen, die sich betätigen und Nutzen aus dieser Tätigkeit ziehen, die grösste Genugtuung zu gewähren.

Ob die Arbeit in Gebieten mit kaltem, gemässigtem oder warmen Klima ausgeführt wird, oder in gut ausgerüsteten Gebieten, oder solchen, die im Begriff sind, sich auszurüsten, so dürfen die Probleme der Arbeitsorganisation den Leitern, die die Verantwortung haben, den Menschen handeln zu lassen, nicht entgehen.

Wenn die Gesetze der Arbeitsorganisation auch allgemein sind, so kann und muss ihre Anwendung jedoch je nach dem Fall sehr verschiedene Formen annehmen.

Die Ausführung einer Arbeit hängt von drei grossen Kategorien von Faktoren ab : das Milieu, der Mensch und die Mittel.

Unter den natürlichen Faktoren des Milieus spielt das Klima eine besondere Rolle in den tropischen Gebieten.

Organisation du travail en horticulture

par Dr. Ir. E. W. B. van den Muijzenberg
Instituut voor Tuinbouwtechniek (Institut Technique Horticole)
Wageningen (Pays-Bas)

Introduction

Ces derniers temps, on a porté une grande attention aux méthodes de l'organisation du travail.

On recherche par des études systématiques à obtenir la possibilité d'un travail plus efficace.

C'est ainsi qu'auparavant ou utilisait aux Pays-Bas des centaines de types de bêches sans se préoccuper outre mesure si elles étaient adaptées à un sol déterminé.

Sur le sable diluvien ainsi que sur la tourbière basse on utilise des bêches pointues ; les bêches pour travailler dans l'argile avaient une coupe droite ou un peu inclinée.

Une explication pour la forme pointue est que la bêche pointue peut se dérober au contact d'un obstacle tels que des pierres dans le sable diluvien ou des morceaux de bois dans une tourbière. La densité du sol joue également un rôle. La résistance appliquée sur le plat de la bêche est 5 fois plus grande dans le sol de Haarlem que dans l'argile de Betuwe.

Après la dernière guerre, le nombre de types de bêches, de pelles etc... diminua de plus en plus par une fabrication mécanique standardisée.

On peut encore s'attendre à une réduction de types. Une expression connue dans le monde industriel dit que 20 % des ordres comportent 80 % de fournitures. La même règle s'applique aux Pays-Bas où 20 % du nombre des importateurs importent 80 % de tracteurs.

Il faut noter que le type d'outil et la méthode de travail peuvent augmenter deux fois la capacité d'un ouvrier, tandis que la mécanisation permet de l'augmenter de 100 fois. Exemple : un homme peut biner 1 are/heure avec une binette. Avec une moto-binette de 2-3 CV, la surface travaillée est de 10 /ares /heure.

Avec une herse à disques montée sur tracteur, la surface travaillée est de 1 ha soit 100 fois plus. Mais, dans la mécanisation c'est l'inves-

tissement et surtout les frais d'utilisation qui décident de l'emploi économique.

Dans les petites exploitations où l'emploi de la machine est restreint, les possibilités de la mécanisation sont plus limitées. Les travaux qui ne peuvent pas être mécanisés freinent l'extension en horticulture (Krijgsman 1957).

Il apparaît que les frais pour les grandes exploitations sont relativement plus bas.

Les causes sont les suivantes :

1) une mécanisation meilleure et plus poussée,
2) une meilleure organisation du travail,
3) des achats en gros et par suite des prix plus bas,
4) des ventes plus importantes et par suite des bénéfices plus élevés,
5) une meilleure qualité malgré la mécanisation,
6) une meilleure spécialisation, non seulement au point de vue des cultures, mais aussi par l'achat des machines, la vente de la production etc...

La formation des centres de production et de distribution ainsi que les ventes aux enchères sont de plus en plus prisées en horticulture. Bien qu'un même travail soit exécuté seulement pendant une saison, on applique en horticulture les mêmes principes d'économie et d'organisation que dans l'industrie.

En horticulture, les frais de main-d'œuvre interviennent pour la moitié des frais de nombreux produits horticoles. Cela ne concerne pas les produits des serres chauffées pour lesquelles les frais de combustible sont de 30 % et ceux relatifs à l'intérêt et l'amortissement des installations de 20 %.

La tendance actuelle est d'investir davantage pour obtenir une production à meilleur compte.

Il y a lieu de tenir compte des points suivants :

1) le nombre des ouvriers saisonniers diminue,
2) l'importance croissante des frais de main-d'œuvre,
3) les possibilités d'améliorer les conditions de travail,
4) l'augmentation de la mécanisation dans les exploitations.

Pour pouvoir appliquer les nouveaux principes d'organisation, nous devons tenir compte des points suivants :

1) l'installation efficace de l'exploitation,
2) l'amélioration des méthodes de travail,
3) l'adaptation rationnelle des outils,

4) l'investissement efficace,
5) l'introduction des méthodes de l'organisation scientifique du travail.

Au Pays-Bas, nous en sommes au début de cette réforme ; il s'écoulera quelques décades avant que ce programme soit réalisé.

1. — L'installation efficace de l'exploitation

L'installation efficace est surtout un problème d'organisation. Il faut veiller à ce que les distances à parcourir soient les plus courtes possibles ; il faut empêcher la formation de réserves de produits en des lieux inutiles.

A mesure que l'exploitation augmente, plus d'hommes peuvent être utilisés et la possibilité existe de diminuer les temps perdus. Exemple : pour une chaine transporteuse, le point le plus important est d'amener le produit aussi près que possible des hommes de manière à ce qu'ils effectuent le minimum de mouvements. Ces principes ont été appliqués en horticulture, notamment dans les exploitations d'oignons à fleurs (Krijgsman 1959). Les oignons à fleurs venant du champ doivent être pelés, lavés, assortis, calibrés, comptés et emballés en un minimum de temps.

L'organisation du travail pour un travail plus efficace dans la grange et au champ ; par exemple par Reid et Bennelt (1952) pour le calibrage des tomates, par Lockie (1958), pour le repiquage des choux-fleurs, le bouturage des chrysanthèmes, la récolte et le lavage du céleri blanc. Il est à espérer que l'organisation scientifique du travail progressera dans la prochaine décade.

2. — Amélioration de la méthode de travail

Nous pouvons analyser le travail par les techniques suivantes :

1) l'échantillonnage du travail,
2) le chronométrage,
3) la prédétermination des temps.

1. Chacune de ces techniques a ses propres applications. Un exemple de l'échantillonnage du travail est l'étude de Sammet et Hassler sur le calibrage et l'emballage des pommes et poires dans une station fruitière.

   Cette méthode est employée également pour étudier le remplissage et le transport des caisses dans une champignonnière. Il résulte de cette étude que 49 % du temps est nécessaire pour le remplis-

sage, 4 % pour le déplacement, 22 % pour les déposer, 5 % pour travaux divers, 16 % pour temps perdus et 4 % pour soin personnel (Krijgsman 1957). Cette méthode est plus importante pour l'organisation du travail que pour la méthode du travail.

2. Le chronométrage est appliqué pour des travaux répétés comme le calibrage et l'emballage. Quand les mouvements sont très rapides on peut analyser d'une manière plus précise en filmant l'opération. A ce jour, le film est le plus souvent utilisé pour la documentation ; M. Buchholz l'emploie pour l'empotage des plantes et MM. Krijgsman et De Ruiter pour la cueillette des pommes, des haricots, des fraises etc...

3. Les systèmes de prédétermination des temps, par exemple la M.T.M. (méthode des temps mesurés) et Workfactor, sont appliqués pour des travaux à exécuter, surtout quand les mouvements sont répétés. Il s'agit de mouvements élémentaires qui exigent un temps fixe et qui peuvent être additionnés.

   La M.T.M. est une méthode américaine donnant de grandes possibilités d'applications pratiques. En principe elle travaille d'une manière synthétique et permet de mieux comprendre la méthode appliquée au travail.

   Pour faciliter l'application de cette méthode on a développé des éléments composés (formulaes).

   L'U.M.S. (Universel Maintenance Standarts ou Standarts Universels d'entretien), est un exemple de l'emploi de la M.T.M.

   Il est fondé sur la loi des grands nombres, qui permet d'éliminer les erreurs dans les temps prédéterminés.

On pourrait peut-être appliquer cette méthode pour l'entretien des jardins privés. Pour améliorer la méthode du travail courant, il faut savoir travailler symétriquement à deux mains (par exemple à la cueillette des pommes) et en réduisant les distances à parcourir autant que possible, on peut augmenter le rendement de presque deux fois. Une excellente distribution de travail peut être obtenue par une meilleure organisation, par exemple par le remplissage en boites des oignons, où chacun ne fait que les mouvements indispensables. Il faudra que les temps partiels de chaque personne soient identiques pour que le temps total le soit également.

En Norvège, on recherche une méthode pour améliorer le travail et notamment pour la plantation. L'amélioration de la méthode de plantation permet d'arriver aux avantages suivants : l'amélioration de l'outil de plantation 10 % ; l'emploi des caisses dans lesquelles les

plants sont disposés 10 % et encore 10 % pour l'attache de la caisse à la jambe de l'ouvrier.

Mais le travail manuel n'est pas seul en cause, il faut également examiner le problème de la mécanisation.

Un maximum de 10.000 plantes peuvent être plantées journellement par un homme et un garçon en 10 heures, en supposant 700 plants à l'heure pour l'homme et 300 pour le garçon.

Par une analyse de M.T.M. nous avons constaté qu'un ouvrier non spécialisé pouvait atteindre 1200 plants (choux) à l'heure.

Par l'amélioration de la méthode de travail, on pouvait obtenir 1500 plants.

Par raccourcissement des plants on pourrait arriver à 2100 plants. Les plants doivent être bien arrangés dans leur caisse, afin que l'homme n'ait rien d'autre à faire que de les mettre entre les disques de la planteuse.

D'autre part, avec une planteuse à tubes on a obtenu de bons résultats pour la plantation de plants avec mottes.

Des essais effectués en 1946, il apparaît que la préparation et le conditionnement ont une très grande importance. L'essai a été effectué avec un planteur Robot. Un groupe de personnes a pu obtenir de bons résultats après un certain temps d'apprentissage. Une autre équipe obtenait des résultats moindres.

Lorsque le premier groupe reprit le travail, on constata des anomalies dans la plantation parce que les plants, ayant perdu leur rigidité, s'accrochaient aux doigts de la machine.

3. — Adaptation des outils et développement des systèmes

Les nouveaux outils sont étudiés de plus en plus pour être adaptés à la taille de l'homme (mancherons réglables et adaptables aux différents travaux).

On cherche également à faciliter le travail (siège). On a constaté aussi que le motoculteur à deux roues, désigné en Angleterre sous le nom de « Man killer » ou meurtrier de l'homme est pénible pour l'homme.

Pour ce motoculteur on arrive à une dépense de 4,2 Kcal/minute. Aux Pays-Bas, M. Streef et M. Van Loon ont constaté que la cueillette des tomates exigeait une dépense d'énergie de 2,4 Kcal par minute pour un travail normal.

De plus en plus, le travail exécuté sera analysé et les machines seront construites d'après les résultats obtenus. A l'Institut de Technique

Horticole aux Pays-Bas, nous poursuivons des recherches semblables. De plus en plus on essayera d'augmenter la productivité par l'application des méthodes de travail ainsi obtenues.

Chaque machine demande une méthode propre. Pour une machine ayant une voie déterminée, la largeur totale des lignes doit être un multiple ou un sous-multiple de la voie. De plus, il faut déterminer la distance des plants dans la ligne pour obtenir le rendement maximum. La standardisation et la normalisation sont encore insuffisamment définies. La construction des machines ne permet pas encore d'obtenir le maximum de rendement dans les exploitations. Souvent, les machines américaines sont construites pour de plus grands espaces entre lignes et ne s'adaptent pas à nos exigences européennes.

Un autre exemple est l'usage des haquets à pinces et des trucks de levage.

Ils ont chacun leur propre système de levage. L'usage de quai de déchargement devrait avoir des dimensions standard et les mêmes possibilités d'arrimage.

En utilisant des « pallets » il est préférable de débuter déjà au verger, ou d'utiliser directement des caisses adaptées avec un « pallet » comme en Amérique et en Australie.

Un troisième exemple est l'U.C. (système of container grown plants) qui permet un travail mécanisé avec des plants sains et un sol standardisé.

A l'Institut de Technique Horticole aux Pays-Bas, nous cherchons à développer un système de plantations en mottes.

Ces nouveautés ne permettent pas encore de se rendre compte des avantages secondaires.

Il est difficile d'apprécier directement les avantages spécifiques d'un nouveau système. Par contre les inconvénients sont plus facilement décelables.

On est toujours influencé par les normes utilisées précédemment. On constate souvent que le mieux est l'ennemi du bien.

Le dernier développement en Amérique est le « system engineering » qui utilise les divers systèmes pour établir entre eux une liaison harmonieuse.

4. — L'investigation efficace

Il apparaît de plus en plus qu'un produit qui, apparemment, coûte cher mais est utilisé judicieusement, est encore le moins cher d'utilisation. D'après M. De Vries, le revenu de la culture des tomates dans les serres modernes chauffées est de 2 à 3 florins plus élevé que celui

obtenu dans des serres à châssis chauffées, bien que le coût des serres modernes soit 0,7 florin/m² plus élevé que celui des serres à châssis (Venlo).

Pour les cultures très soignées il faudra plus de temps pour les divers travaux (arrosage, ventilation, régulation de la température etc...). Pour ceux-ci l'automatisation est possible, par une installation d'arrosage, d'une ventilation automatique, d'un réglage automatique de température.

Lors d'une installation d'éclairage, nous prendrons en considération le réglage de LAT.

Dans l'avenir on pourra avoir également une installation pour le dosage du CO_2 et la possibilité de créer une installation de culture sur gravier.

Jusqu'à présent de nombreux appareils et machines sont de belle présentation mais conçus un peu suivant la fantaisie du fabricant.

De plus en plus, on filmera les différentes opérations pour déterminer dans quelle partie des travaux se trouvent les possibilités d'économie. Pour les exploitations en plein champ, les frais de main-d'œuvre représentent 50 % des frais d'exploitation. Ces frais pourraient être diminués par une meilleure méthode de travail : mécanisation, automatisation. Il existe des possibilités encore inconnues à cet égard.

5.— L'introduction de l'organisation scientifique du travail

Les difficultés d'introduction des nouvelles méthodes d'organisation scientifique sont souvent d'ordre psychologique et sociologique. Des cours d'une durée de 2 jours sont donnés aux cultivateurs s'intéressant aux oignons à fleurs. On a constaté qu'ils mettaient immédiatement en pratique chez eux ce qu'ils avaient appris au cours, le jour précédent. Connaissant très bien leur travail, ils appréciaient la valeur pratique des exemples donnés au cours. Ces derniers sont donnés de la manière suivante : le 1er jour on étudie les principes et le second jour on passe aux applications.

Tout en mettant à profit les nouvelles machines et les nouvelles méthodes de travail, il ne suffit pas de résoudre les problèmes techniques mais il faut également la collaboration des utilisateurs en leur communiquant et vulgarisant les nouvelles méthodes. Souvent une meilleure méthode de travail doit être combinée avec un meilleur éclairage et de meilleures conditions de travail. On peut prendre en exemple l'organisation des entreprises coopératives de chauffage.

La tendance générale est d'atteindre de plus grandes exploitations. Celles-ci peuvent pousser plus loin la mécanisation et l'automatisation et ce, à meilleur compte.

On doit tendre à obtenir les mêmes résultats dans les exploitations familiales qui sont les plus importantes.

Dans un complexe d'entreprises dont les cultures chauffées occupent une place très importante, les frais de chauffage peuvent s'élever à 30 % du total des frais. Dans ces cas, une coopérative de chauffage pourrait être envisagée pour arriver à des frais de production plus économiques.

A Erica près d'Emmen (Drente) une coopérative de chauffage a été créée. Le lotissement et les bâtiments étaient réalisés, de sorte qu'on ne pouvait choisir la solution la plus avantageuse. Lorsque le lotissement n'est pas encore défini, un projet devrait veiller à obtenir des conduites principales de vapeur les plus courtes possibles et bien isolées.

Les serres doivent être construites de manière à ce qu'elles soient accolées les unes aux autres avec un couloir central. Cette disposition augmentera la distance entre la maison et les serres mais, d'autre part, par l'automatisation des travaux, on évitera de multiples parcours.

L'emploi du couloir pourra permettre la création d'une centrale de calibrage et d'emballage. Elle pourra se trouver près de la chaufferie centrale. Ainsi, les problèmes d'ordre psychologique et sociologique seront résolus.

Résumé

C'est par l'expérience que les méthodes et l'organisation du travail sont améliorées de même que les outils adaptés au travail du sol. Par la mécanisation les frais des grandes exploitations sont moins élevés. Les causes ont été mentionnées.

Ces dernières années les applications de l'organisation du travail en horticulture sont réalisées en tenant compte des résultats obtenus dans l'industrie.

En ce qui concerne l'organisation efficace du travail, quelques résultats ont été mentionnés concernant l'aménagement des hangars pour oignons à fleurs. Quelques méthodes d'étude des temps ont été mentionnées.

Comme exemple de l'emploi de l'échantillonnage du travail, celui du travail dans les champignonnières a été retenu.

L'étude du travail a été illustrée par celle de l'empotage des plantes, la plantation des choux et la cueillette des pommes.

Des systèmes de temps prédéterminés ont été discutés, comme exemple d'application de M.T.M. à la plantation mécanique par mottes.

La recherche efficace du travail comme base pour le développement des machines est récente. Il faut remarquer que de nombreuses machines exigent des conditions propres de travail : par exemple l'atomiseur, le truck de levage avec des « pallets ».

On a cherché à développer les systèmes (system-engineering) ; comme exemple, citons l'U.C. « system of container grown plants » et le système de plantation en mottes.

L'importance de la modernisation et de l'automatisation des serres a été examinée en fonction de l'influence des méthodes de travail et des frais.

L'introduction de nouvelles idées rencontre parfois de grandes résistances psychologiques. Un exemple a été donné par la coopérative moderne de chauffage avec de courtes conduites principales.

Résumé.

Les leçons de l'expérience ont amélioré les outils, les moyens de production et parallèlement l'art de les mettre en œuvre.

A l'exemple de l'industrie, l'organisation du travail s'est étendue à l'horticulture.

D'expérience propre, l'auteur traite les points suivants : la manutention des oignons à fleur en hangar, les champignonnières, les travaux d'empotage, la plantation des choux et la cueillette des pommes.

Il illustre le système à programmation M.T.M. à propos du plantage mécanique des mottes et expose la technique de la recherche des systèmes d'organisation. Il mentionne le système U.C.

L'auteur étend ensuite le sujet à la modernisation et l'automatisation des serres.

En terminant, il note l'importance du facteur psychologique en matière d'organisation du travail.

Organization of work in horticulture

Summary.

The development of implements in horticulture is mainly based on experience. Implements are adjusted to their special tasks or to the type of soil.

Workmethods and labourorganization are improved too, but also mainly by experience. In general this is better done on the larger holdings, which took more profit from mechanization.

The last few years a start has been made with a more scientific application of the principles of work-methods and work organization in horticulture, after the example of the industry.

Discussing efficient work organization some results of the research, re the efficient lay-out of bulbsheds have been stated.

Some methods of research, re time study have been mentioned.

As an example of the use of work sampling the work in mushroomhouses has been given.

Work study has been illustrated with facts about the potting plants, the planting of cabbage, the picking of apples.

The pre-determined systems are mentioned by giving an example of the application of M.T.M. in mechanical planting of soil blocks with plants.

The research for an efficient way of working as a basis of the development of machines is in an initial stage till now.

Reported is how many machines ask their own system of working, f.i. a mistblower, a clamp lift truck, motor lift truck with pallets.

Besides that the research of work-methods is used for the development of systems (system engineering).

As an example of systems, the U.C. system the container grown plants and the planting system of soil blocks have been discussed.

Though referring indirect to this subject, the importance of the modernization and automation of glasshouses has been discussed as a consequence of work-methods and their cost.

The introduction of new ideas meet sometimes with great psychological resistances. So it is necessary to distinguish the sociological relations.

An example has been given in view of the modern communal heating with short distance pipes.

Arbeitsorganisation im Gartenbau

ZUSAMMENFASSUNG.

Schon viele Jahre sind auf Grund der Erfahrung nicht nur die Geräte der Arbeit und des Bodens angepasst worden, aber auch sind die Arbeitsverfahren und Arbeitsorganisation verbessert worden.

Auch durch die Mechanisierung sind die Kosten für die grösseren Betriebe niedriger ; die Gründe werden genannt. Erst die letzten Jahre wird in zielbewusster Weise zum Studium der Arbeitsverfahren und Arbeitsorganisation im Gartenbau übergegangen, nach Beispielen der Industrie.

Unter zweckmässige Arbeitsorganisation werden u.a. einige Ergebnisse der Forschung, inbetriff der zwekmässigen Einrichtung der Blumenzwiebelscheunen, besprochen.

Einige Untersuchungsmethoden inbetriff der Arbeitsverfahren werden vorgebracht.

Als Beispiel der Verwendung von Multimomentaufnahmen wird die Arbeit in Champignonhäusern besprochen.

Arbeitsanalyse wird u.a. beleuchtet anhand des Eintopfens von Pflanzen, des Pflanzens von Kohl, des Pflückens von Apfeln.

Der vorbestimmten Zeitsysteme wird als Beispiel der M.T.M. Verfahren die Pflanzung von Erdtöpfen mit Hilfe der Maschinen genannt.

Die Prüfung der zweckmässigen Weise von Arbeiten als Basis für die Entwicklung von Maschinen befindet sich noch in einem Anfangsstadium.

Erwähnt wird dass viele Maschinen ein eigenes System von Arbeiten bedingen, z.B. das Sprühgerät, die Klemmkarre, der Gabelhubwagen mit Paletten.

Ebenfalls wird das Arbeitsstudium für die Ausarbeitung von Systemen (System engineering) benutzt.

Als Beispiele von Systemen wird das «U.C. system of container grown plants» und das Erdtöpfe-Pflanzsystem behandelt.

Wie wohl nur indirekt sich auf diesem Thema beziehend, wird, mit infolge der Arbeitsverfahren- und Kostenbegriff, die Wichtigkeit der Modernisierung und Automatisierung von Gewächshäusern besprochen.

Weil die Einführung neuer Einsichten manchmal auf grosse Widerstände stösst, wird anhand des modernen Fernheizbetriebs mit kurzen Distanzrohren die Notwendigkeit vom Erkennen der soziologischen Verhältnisse vorgebracht.

L'organisation scientifique des travaux forestiers

par U. Sundberg

Professeur à l'Institut de recherche forestière, Stockholm (Suède)

La sylviculture est une forme de l'activité productrice humaine. La nature laissée à elle seule produira, dans la plupart des cas, du bois et autres produits forestiers sans l'aide de l'homme, mais ne fournira pas la production quantitative ni qualitative désirée par lui. Ainsi, l'homme met tout en œuvre pour aider ou modérer la nature et pour mettre la production en équilibre, suivant les buts qu'il poursuit. L'organisation scientifique du travail forestier consiste à concevoir la façon dont le travail et les machines devraient être employés pour obtenir les biens et les services requis par l'homme.

Il y a deux remarques que je voudrais formuler afin de ne pas être mal compris. En premier lieu, le bois n'est pas le seul produit des forêts. Ainsi, par exemple, il a été récemment estimé que la valeur de l'eau produite dans les forêts nationales des USA est à peu près 10 fois celle du revenu net en bois coupé dans ces forêts. Dans ce pays (Belgique) je suis convaincu que la valeur d'aménité de vos forêts est considérable et doit toujours retenir l'attention du forestier et de l'ingénieur forestier. Toutefois, du point de vue théorique, il est d'un sérieux inconvénient pour l'aménagement de ne pas connaître sa signification économique. Du point de vue pratique, il peut être désastreux pour un pays de ne pas dédommager le propriétaire forestier ou de compenser l'activité des syndicats d'initiative pour l'aménité ou les services sociaux, qui actuellement sont souvent créés et constituent la conséquence de la philanthropie de ceux qui, en même temps, sont conscients qu'ils sacrifient une partie du revenu net de la production en bois.

En second lieu, la production a un caractère limitatif. C'est aussi le cas en foresterie mais ce qui est un facteur limitatif dans un pays ou dans une région du monde peut précisément être ce qui se trouve en abondance dans d'autres. En Belgique, la sylviculture n'a pas de limite et ce n'est pas la main-d'œuvre qui limite votre production. La superficie boisée constitue votre difficulté. Dans d'autres pays, tels le Canada, l'URSS et bien souvent les pays tropicaux où les forêts n'ont pratiquement pas de limite, les difficultés sont constituées par d'autres facteurs.

Je considère qu'il est très important de distinguer ces difficultés parce qu'elles ont une influence définie sur les méthodes de sylviculture à employer et aussi sur l'utilisation la plus efficace de la main-d'œuvre.

Sur la base de ce que je viens de dire, le but final de la foresterie doit être fixé par une politique forestière et c'est la tâche de l'ingénieur forestier d'atteindre ce but fixé avec le minimum d'investissements. La production et l'exploitation doivent être menées à bien avec le maximum de rentabilité.

C'est seulement depuis ces 30-40 dernières années que la rentabilité du travail en foresterie a été systématiquement étudiée et l'on peut dire qu'elle a atteint le niveau des autres industries.

Je n'essaierai pas de donner une énumération des méthodes utilisées dans les recherches scientifiques sur les travaux forestiers : la plupart des méthodes employées sont celles employées dans l'industrie. Mais les problèmes forestiers ont certains aspects essentiellement différents de ceux de l'industrie. J'essaierai de démontrer comment on applique quelques principes de l'organisation scientifique du travail.

Le travail en forêt est un travail très dur, ce qui veut dire que la résistance physique au travail est souvent le facteur limitatif dans la production. Ainsi, comme la charge du travailleur est lourde, il est important de savoir si ce travail a des effets néfastes, à long terme, sur la santé de l'ouvrier. Des recherches physiologiques et hygiéniques ont été largement menées dans beaucoup de pays — en Suède la première étude date de 1890. Il est aussi significatif que des mesures du temps de travail soient combinées à des mesures physiologiques afin que les résultats donnent non seulement le temps requis pour un travail mais également l'efficacité mécanique d'un travail purement manuel. Ceci est d'une grande importance si l'on compare différents outils ou méthodes de travail de façon à sélectionner les meilleurs d'entre eux.

Ainsi, la recherche physiologique a été prouvée comme étant d'une grande valeur pratique pour l'organisation scientifique du travail et je mentionnerai quelques exemples.

L'étude sur l'énergie totale requise de la part des ouvriers forestiers est d'une grande importance du point de vue alimentaire. Nous avons eu, en Suède, un résultat pratique immédiat en observant que pendant les deux guerres mondiales, où la qualité de la nourriture faisait défaut, les rations des travailleurs ont dû être augmentées. Comme actuellement une grande partie de la population mondiale est sous-alimentée, la première chose à faire, lorsqu'on projette d'ouvrir de nouveaux chantiers forestiers dans de telles régions, est d'assurer au travailleur une alimentation suffisante pour qu'il compense ce qu'il a dépensé au cours de son travail.

J'ai déjà mentionné que des études de temps doivent être combinées avec des mesures de la fatigue physique. Ceci peut être réalisé en laboratoire et aussi sur les lieux du travail, en utilisant différents types d'instruments de mesure qui consistent en l'analyse de l'air expiré ou dans l'enregistrement des pulsations cardiaques. Ces deux informations renseignent de façon précise sur les aptitudes physiques du sujet.

Un problème essentiel est de savoir quelle peut être l'incidence sanitaire sur ce travail manuel. On discute beaucoup à ce propos et l'on peut considérer que le problème n'est pas résolu. Le problème principal semble être le vieillissement physiologique qui est plus ou moins dépendant de la lourdeur du travail. Il n'y a pas de preuves suffisantes pour pouvoir avancer qu'un travail lourd a une influence sanitaire favorable ou défavorable. Il est d'autre part bien connu que le rendement du travailleur forestier décroît avec son âge. La cause principale est donc la diminution de la capacité physique comme cela a été montré récemment en Suède. La conclusion pratique est que la réduction de la lourdeur du travail a une influence d'autant plus grande que le sujet est plus âgé : c'est une conclusion importante si l'on pense que les nouveaux équipements mécaniques sont étudiés seulement sur de jeunes sujets.

Beaucoup plus pourrait être dit sur l'application des recherches physiologiques. En Suède, comme dans beaucoup d'autres pays, le recrutement, l'entraînement aux travaux forestiers, la réadaptation d'ouvriers qui ont une capacité de travail réduite, sont basés sur de telles considérations.

En foresterie, comme en agriculture, on ne peut choisir son lieu de travail ; en conséquence, les travaux s'effectuent généralement sur des parcelles qui se trouvent à plus ou moins grande distance les unes des autres. Même si le bois constitue un produit uniforme pour la plupart des gens, il a nécessité, au cours de sa production, des mises en œuvre qui ne sont pas toujours simples. Il n'y a pas deux arbres qui se ressemblent. La quantité d'énergie requise à l'extraction d'une grume varie constamment d'une à l'autre. Ceci constitue la difficulté d'une planification générale des travaux forestiers. Il faut laisser à l'ouvrier l'initiative de la conduite de son travail. C'est la raison pour laquelle la surveillance est généralement très lâche dans l'exploitation lors de l'abatage ; pour être effectif, il faudrait un contremaître par ouvrier, mais cela serait trop coûteux. C'est la raison pour laquelle le travail « à la pièce » est assez répandu dans les pays européens.

Un système incitant au travail doit satisfaire aux exigences suivantes si l'on désire en tirer le maximum d'avantages.

a) Il doit être rationnel c'est-à-dire que le nombre de pièces qui con-

stitue la base du paiement doit être fonction linéaire du temps requis à la production d'une seule qui constitue l'unité de production.

b) Le nombre de pièces doit pouvoir être mesuré : il faut éviter l'estimation subjective.

c) Le calcul doit se faire rapidement.

d) Il doit être compréhensible pour le travailleur.

De nombreuses recherches ont été faites en Europe pour connaître les différents facteurs comme la taille de l'arbre et de la grume, l'importance des branches, l'état de l'écorce, le terrain etc... qui influencent la production dans l'exploitation forestière. A l'heure actuelle, beaucoup de pays ont maintenant un système de paiement à la pièce bien établi, qui assure à l'ouvrier forestier un salaire indépendant du peuplement où il travaille. C'est la chose la plus importante à réaliser pour appliquer ce système de paiement qui est synonyme de productivité.

Il y a deux difficultés particulières à mentionner : la première est le grand nombre de facteurs qui influe sur le temps nécessaire à l'exécution d'un travail. Il est difficile de le fixer avec précision. La seule voie consiste en l'étude statistique d'un grand nombre d'observations et de mesures. Cette méthode d'analyse est actuellement commune mais on peut dire que c'est en foresterie qu'elle trouve le premier terrain d'application.

La seconde difficulté est que le travail forestier est essentiellement manuel. La production dépend directement de l'aptitude physique du travailleur, de son adresse et de son intelligence. Je citerai comme exemple, que parmi 1.528 ouvriers forestiers qui gagnent en moyenne 42 Swer par jour (420 francs) la dispersion est de plus ou moins 14 Swer. Certains d'entre-eux gagnent moins de 28 Swer ou plus de 56 Swer par jour. Pour des raisons pratiques, il est difficile d'étudier en détail le rendement d'un nombre suffisamment grand de travailleurs, aussi, fallait-il trouver une solution. Dans les pays nordiques, nous avons résolu ce problème de façon telle qu'il n'est pas nécessaire de connaître le chiffre absolu de la production d'un ouvrier, mais uniquement le chiffre relatif de sa propre production d'un travail à un autre.

Cela signifie que ce que nous désirons connaître n'est pas qu'il prend 24 minutes pour abattre et préparer au débardage un arbre de 20 cm de diamètre et 30 minutes pour un arbre de 25 cm, mais qu'il prend 25 % de temps en plus pour un arbre de 25 cm que pour un de 20 cm de diamètre. Ceci simplifie considérablement l'étude en réduisant le nombre de sujets à étudier pour obtenir des résultats d'une certaine précision.

Maintenant, chaque travail peut être inclu dans un système où le temps qu'il faut pour le faire n'est pas une norme par unité de production mais s'exprime par rapport à un travail de référence. Le travail de référence serait par exemple l'abatage d'un arbre de 20 cm de diamètre, dont la longueur, dimension de la couronne, seraient précisées ; le temps nécessaire à l'abatage d'un autre arbre serait exprimé par rapport au temps de référence. On peut ainsi exprimer tous les travaux en fonction du travail de référence, sans même nécessairement exprimer le temps absolu de celui-ci. Il suffit alors aux syndicats et aux employeurs de se mettre d'accord sur le salaire de l'unité.

Une fois le système établi, la discussion porte ordinairement sur le prix de l'unité de travail. Dans les autres branches de l'industrie, la procédure est différente. La discussion porte sur un salaire horaire et le prix à la pièce résulte du calcul du nombre de pièces à l'heure, qui résulte la plupart du temps de considérations subjectives sur les performances du travailleur.

A mon sens, cela a causé bien des désagréments dans l'industrie. Des chiffres qui ont été consignés par des éléments subjectifs ne sont plus aptes à un calcul statistique, ce qui prive la méthode de la possibilité de connaître l'ordre de grandeur des erreurs de mesure.

Comme en agriculture nous tirons notre récolte de la terre. Le transport de la récolte vers la papeterie ou le consommateur se divise en deux parties : la première consiste à transporter la récolte à la route et la seconde, de la route à l'endroit de consommation.

Comme la quantité à transporter varie largement avec le stade du transport, il est économique d'user d'équipements différents à chaque stade. Il faut donc savoir choisir l'équipement de chaque stade et les coordonner entre eux.

Le problème comporte l'étude d'un système de route. Plus les routes sont rapprochées des lieux d'exploitation et moins chers seront les transports pour les atteindre.

Le principe est que les frais attachés à l'existence des routes et des transports du lieu d'exploitation jusqu'à celles-ci, soient le plus petits possible. Il faut encore songer au transport de la main-d'œuvre spécialement dans les régions où elle est rare.

Ces études ont été faites dans beaucoup de pays depuis longtemps. Elles appartiennent au groupe des recherches dites opérationnelles ; notons qu'elles ont été menées en foresterie bien avant que le mot ne fut inventé. L'étude consiste en une analyse des facteurs qui influent sur les coûts d'exploitation parmi lesquels le réseau de routes est le plus important. Les coûts sont exprimés mathématiquement sous la

forme d'une fonction de ces facteurs et l'on cherche par la méthode usuelle la valeur minimum du coût. Ce qui complique le problème est que la production forestière est inégalement répartie sur un grand nombre d'années. Il faut en tenir compte dans la constitution des chemins sous peine d'un mauvais rendement des capitaux investis. C'est l'élément fondamental de l'exploitation économique de la forêt. Malgré qu'un certain nombre de publications aient été faites à ce propos, il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine. Les transports en régions montagneuses où il faut combiner l'utilisation des câbles aériens et des routes, constituent une particularité de ce problème qui demande à être étudié. Il convient également de savoir l incidence des nouveaux développements techniques d'exploitation sur l'économie générale de celle-ci.

Le bois et les produits qui en dérivent sont employés partout mais les prix sont en continuelle compétition. Un petit nombre de pays à forêts vierges, où l'exploitation lentement mécanisée s'allie avec de faibles frais de sylviculture, produisent la plus grosse partie du bois consommé. Ce sont eux qui font les prix mondiaux. Les produits de remplacement du bois limitent le prix des produits forestiers. Dans les pays où les frais d'exploitation sont élevés, il convient d'augmenter le rendement des opérations en forêt. Une haute productivité est le fait de la recherche qui règle l'organisation scientifique du travail.

Comme en agriculture, nous sommes confrontés avec le problème de l'incidence biologique sur la forêt, de son exploitation intensive. Dans les années passées, on eut tendance en Europe à surestimer ce problème.

Nous avons en Suède augmenté la production forestière de 1,5 à 2 % au cours des 20 dernières années.

Le coût de la main-d'œuvre a augmenté plus rapidement et nous sommes maintenant confrontés dans la Suède du nord avec de sérieux problèmes ; le revenu net de la forêt y est très faible. En fait il y est parfois négatif. Des régions de plus en plus nombreuses en Europe vont se trouver aux prises avec le même problème si la productivité ne s'accroît pas comme le coût de la main-d'œuvre.

Je n'ai pu dans ces lignes entrer dans le détail des choses. Je vous ai entretenu des éléments essentiels qui doivent garder la forêt compétitive pour le plus grand profit de tous.

Résumé.

La sylviculture est l'aide que l'on donne à la nature pour la production des choses utiles et des services des forêts. La politique générale des forêts, différente dans les diverses régions, détermine la somme de travail qui devrait être fait. Comme le coût du travail est la chose dominante dans ce long programme de production, l'efficacité du travail est importante.

Dans les travaux forestiers, le lourd travail physique et la production liée à un territoire des travailleurs sont caractéristiques. L'attention est concentrée sur l'adaptation spéciale de l'étude de travail. La recherche sur la physiologie du travail, sur la nutrition et la santé du travailleur et l'application pratique des résultats sont discutées. Les stimulants pour le travail sont courants, car la surveillance du travail est difficile et les conditions du travail, les dimensions des arbres et des grumes changent toujours. Le transport et le réseau des routes sont d'importance fondamentale pour la bonne pratique de la sylviculture et une récolte efficace. De tels problèmes de transport conduisent à leur étude par la recherche opérationnelle afin d'en diminuer le coût. Cette recherche a été effectuée mais elle est encore incomplète, car les conditions des forêts varient largement et les améliorations d'ordre technique requièrent une révision fréquente des résultats. Ces études sont et seront un instrument important pour la haute productivité. La sylviculture traverse maintenant une époque de mécanisation qui avait lieu dans l'agriculture il y a vingt à quarante ans. Des demandes nouvelles sur le planning du travail, sur l'habileté du travail, etc. se révèleront. L'emploi des progrès techniques doit être fondé sur l'analyse scientifique en sylviculture de la multitude de problèmes de nature technique et biologique.

Scientific organization of forest work

Summary.

Forestry is man's assistance to nature to produce desirable goods and services from the forests. The general forest policy which is different in different regions determines the input of labour that should be made. As the cost of labour is the dominating expence in this long term production process, high efficiency of labour is important.

In forest work the high physical work load and the area-bound production of the workers are characteristic. The attention is focussed on the special adaptation of work study therefore made. Research on work physiology, nutrition and health of labour and the practical application of the results are discussed. Work incentives are common as supervision of work is difficult and the work conditions, tree and log size etc. are always changing. The transport and road network are of fundamental importance, for good sylvicultural practices and an efficient harvest. Such transport problems lend themselves to be studied by Operations Research in order to minimize the costs. Such research has been carried out but is still incomplete as forest conditions vary widely and the technical development requires frequent reviews of the results. These studies are and will be an important tool for high productivity. Forestry now experiences a period of mechanization that took place in agriculture 20-40 years ago. New demands on the planning of the

work, on the skill of labour etc. will arise. The utilization of the technical progresses must be based on scientific analysis of the multitude of problems of technical and biological nature in forestry.

Die wissenschaftliche Organisation der waldbaulichen Arbeiten

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Waldbau ist die Hilfe, die man der Natur angedeihen lässt für die Erzeugung von nützlichen Dingen und den Dienst der Wälder. Die Grundpolitik der Wälder, die in den einzelnen Gegenden verschieden ist, bestimmt die Arbeitsmenge, die man anwenden müsste. Da die Arbeitskosten in diesem langen Erzeugungsprogramm die vorherrschende Angelegenheit ist, ist die Wirksamkeit der Arbeit sehr wichtig.

Für die waldbaulichen Arbeiten ist die schwere physische Arbeit und die Erzeugung, die an das Arbeitergebiet gebunden ist, karakteristisch. Die Aufmerksamkeit ist auf die spezielle Anpassung des Arbeitsstudiums konzentriert. Die Forschung auf dem Gebiet der Arbeitsphysiologie, der Ernährung un der Gesundheit des Arbeiters und die praktische Anwendung der Ergebnisse werden besprochen. Der Ansporn für die Arbeit ist geläufig, da die Überwachung der Arbeit schwierig ist und die Arbeitsbedingungen, die Baumgrössen und die Stämme sich ständig verändern. Der Transport und das Strassennetz haben eine grundlegende Bedeutung für die gute Ausführung des Waldbaus und eine wirksame Ernte. Solche Transportprobleme führen uns zu deren Studium durch die Operationsforschungen, um ihre Kosten zu verringern. Diese Forschungen sind ausgeführt worden, sind aber noch unvollständig, da die Bedingungen in den Wäldern sich stark verändern und die technischen Verbesserungen, die notwendig sind, eine häufige Überprüfung der Ergebnisse erfordern. Diese Studien sind und werden ein wichtiges Instrument für die grosse Produktivität sein. Der Waldbau durchläuft jetzt eine Mechanisierungsperiode, wie wir es vor zwanzig bis vierzig Jahren in der Landwirtschaft erlebt haben. Neue Forderungen werden an den Arbeitsvoranschlag, die Arbeitseignung usw. gestellt. Die Anwendung des technischen Fortschritts muss im Waldbau auf die wissenschaftliche Analyse der Vielfältigkeit der Probleme technischer und biologischer Art aufgebaut sein.

Organisation scientifique de l'industrie de la conserve

par A. Van Craenenbroeck
Directeur à la Commerciale des Conserves, Bruxelles (Belgique)

Si j'ai l'honneur de pouvoir vous entretenir aujourd'hui de l'Industrie de la conserve, j'ajoute immédiatement que dans le cadre d'une causerie comme celle-ci il m'est impossible de vous parler des nombreuses techniques de mise en conserve.

Au risque de vous décevoir, je dois me limiter et je vous parlerai de la conserve en boîte appertisée et plus précisément de la conserve de légumes, spécialité absorbant mes activités professionnelles depuis quelques vingt années.

Les grands principes qui régissent la technologie actuelle des conserves de légumes en boîtes, sont très valables pour d'autres spécialités avec quelques exigences spécifiques en plus ou en moins.

La conserve appertisée est de création relativement récente et c'est au cuisinier français Nicolas Appert que revient l'honneur d'avoir appliqué le premier, il y a environ 150 ans, le principe du chauffage à 100° pour stabiliser les matières périssables enfermées dans des récipients hermétiquement clos.

La première période est caractérisée par un empirisme absolu.

C'est l'époque des grands secrets de fabrication jalousement gardés par chaque conserveur et surtout par chaque autoclaviste.

Les travaux du grand Pasteur y mettent fin en fournissant l'explication scientifique de la stérilisation.

S'appuyant sur des bases nouvelles, l'industrie prend son essor. Des progrès énormes se réalisent dans tous les domaines et toutes les branches de la conserve connaissent rapidement un développement prodigieux.

L'évolution est particulièrement spectaculaire aux U.S.A. où, immédiatement après la première guerre mondiale, le monde scientifique commence à s'intéresser sérieusement aux problèmes de l'aliment en boîtes.

Les universités créent des chaires. Les sociétés de fabrication du récipient métallique montent de vastes laboratoires. Des équipes de chercheurs s'attaquent aux sujets les plus variés couvrant la culture, les opérations de conserverie, le récipient, la machinerie, la valeur nutritive, etc...

Notre vieux continent ne reste pas indifférent et en particulier en Belgique apparaissent, vers 1930, les premiers signes de modernisation de l'outillage et de la technique.

Sans négliger pour autant le facteur qualitatif, les efforts américains se déploient avant tout dans le sens d'une production en masse.

Appuyées par une publicité adéquate les grandes firmes arrivent à faire accepter des changements parfois assez sensibles par le consommateur américain surtout désireux de trouver un standard qualitatif très régulier et des prix peu élevés.

Notre pays s'est inspiré de l'expérience américaine, tout en tenant compte des contingences nationales.

Les sociétés belges ne disposent pas des mêmes moyens financiers.

Les possibilités de vente sont tout autres et, circonstance aggravante, au moment même où notre industrie nationale aurait dû recevoir l'impulsion nécessaire, elle se trouve confrontée avec des difficultés énormes résultant de la fermeture des frontières. Une grande partie de notre marché d'exportation traditionnel se perd.

La publicité sur base scientifique est peu pratiquée en Belgique à cette époque.

Nos fabrications essaient avant tout de rencontrer le goût « particulariste » du consommateur belge.

Les modifications s'opèrent prudemment et lentement.

Le caractère « cousu main » reste le trait dominant de nos produits.

L'ensemble de ces facteurs explique le retard accumulé par notre industrie par rapport à celle des U.S.A. Mais après 1945, elle se réveille et elle va mettre les bouchées doubles.

N'en concluez pas que rien n'a été fait avant cette date. Au contraire, le mouvement se dessine déjà très clairement avant 1940 et les conserveries de légumes belges utilisent déjà un certain nombre de batteuses de petits pois et mettent les premiers autoclaves continus en service.

Depuis 15 ans on constate une accélération générale.

Des changements importants se sont opérés dans les différents départements en commençant par la culture.

La culture

Sans matières premières soigneusement cultivées, pas de conserves de qualité.

Pendant de très nombreuses années, l'industrie se contente d'absorber le surplus en légumes du marché. Elle s'adressait en grande partie à la petite culture et travaillait les variétés mises normalement pour le marché du frais.

L'apparition de la mécanisation plus poussée ne peut pas tolérer plus longtemps une telle situation.

Elle coïncide avec l'avènement de la culture industrielle spécialement faite pour la conserverie et conduite par elle par son service de culture. Cette culture industrielle doit s'insérer dans un cycle agricole-industriel-commercial, qui exige un équilibre stable qui ne peut être atteint qu'après de longues années d'expériences.

Il apparaît de suite qu'une collaboration plus directe doit s'établir entre le producteur et le transformateur.

Elle va reposer sur des études scientifiques entreprises par les usines travaillant en étroite liaison avec des instituts spécialisés. Ceux-ci peuvent désormais compter sur l'appui indispensable de la part de l'industrie.

Un travail énorme a été fait au cours de ces dernières années car n'oublions pas que chaque légume et chaque région productrice requièrent des études spécifiques.

Les résultats obtenus en Suède ne sont pas plus applicables sans adaptation à nos conditions belges que ceux qui peuvent nous venir de l'Italie.

Le but de tous ces efforts est indiscutablement l'amélioration constante des facteurs : texture, saveur, odeur, couleur de la matière première sans perdre de vue le facteur économie de la production.

Ce dernier facteur explique l'importance accordée à toute recherche visant à augmenter l'aptitude des cultures à la mécanisation avec son corollaire : la diminution des frais de manutention de la matière première.

C'est la transformation profonde imposée aux plantes elles-mêmes et aux méthodes culturales par le machinisme moderne.

La culture des pois, par exemple, change complètement de physionomie. La récolte par faucheuses mécaniques et le chargement par chargeuses tractées sont possibles, parce que les champs de pois sont plus grands et la taille des plantes réduite de moitié.

Les batteuses supplantent de plus en plus les bonnes vieilles écosseuses travaillant les pois cueillis à la main. Signalons cependant que des recherches sont en cours pour mécaniser cette opération de cueillette.

Aux postes de battage, l'alimentation des machines, l'évacuation des fanes battues, le transport des grains ont reçu des solutions variables, conduisant toutes à une intervention manuelle minimum.

Dans certains cas on assiste également à des concentrations de plus en plus fortes de ces machines, qui font surgir dans les régions de cultures de véritables petites usines hautement spécialisées.

Il faut surtout éviter au maximum une altération possible entre le

battage et la mise en œuvre en usine. Des productions horaires plus élevées permettent d'envisager la suppression des cageots ou petits récipients utilisés au transport des grains et d'appliquer les grands containers ou même le vrac.

Dans le cas des haricots princesses la cueillette mécanique est sur le point de se substituer à la cueillette à la main. Sa généralisation apportera la solution au problème du prix de revient minimum sans sacrifier la qualité du produit.

Si l'aspect mécanique de la culture est très important, je puis vous assurer que j'attache la même importance à la solution apportée à des problèmes plus spécifiquement agronomiques tels : la sélection et l'hybridation, la répartition des semences et des engrais, l'utilisation des produits phytopharmaceutiques.

Dans beaucoup de cas, la mécanisation est devenue possible grâce aux résultats remarquables obtenus dans les domaines agronomiques mentionnés ci-dessus.

Je profite de l'occasion pour exprimer la gratitude de l'industrie de la conserve envers les Instituts de Recherche et il m'est particulièrement agréable de citer parmi ceux-ci celui dont nous fêtons le centenaire aujourd'hui « l'Institut agronomique de Gembloux ».

Je forme le vœu ardent qu'au cours des années à venir nous puissions continuer à compter sur l'aide combien précieuse de tous vos chercheurs, car dans le domaine des produits chimiques utilisés en agriculture, dont le nombre augmente tous les jours et dont les produits résiduaires ne sont pas toujours inoffensifs, le concours de laboratoires hautement spécialisés est absolument indispensable pour assurer des progrès encore plus substantiels sans mettre en danger ni la réputation de notre industrie, ni la vie de nos consommateurs.

Je crois pouvoir conclure que la première phase de la réalisation d'une conserve de légumes c-à-d. la production de la matière première est conduite avec un véritable souci scientifique.

Chacun y trouve son compte. Le consommateur peut se procurer des produits obtenus en partant des meilleurs légumes ; le cultivateur s'enrichit par les informations scientifiques reçues ; le transformateur voit son entreprise se développer sur des bases plus solides.

La conserverie

Si la transformation de nos conserveries est dans une large mesure conditionnée par l'évolution de la culture, il est aussi vrai que les solutions modernes données aux multiples problèmes de la mise en boîte constituent à leur tour les données de base du problème culture.

Seule une collaboration étroite entre les 2 départements peut conduire à des réalisations harmonieuses.

Les progrès de la culture doivent nécessairement trouver leur prolongement dans les usines et l'équipement plus moderne de celles-ci exige de la part de la culture de nouveaux progrès.

Jusqu'il y a très peu d'années, certains légumes jouissaient d'une méchante réputation dans le monde des conserveurs. Certaines techniques nouvelles considérées comme dangereuses étaient soigneusement évitées. C'était une espèce de routine qui continuait avec le plus souvent beaucoup de réussite, mais parfois aussi des revers redoutables.

Heureusement c'est le passé, car depuis lors, les études systématiques de quelques grands facteurs : la mise en œuvre rapide ou la suppression de toute attente inutile à tous les stades de la fabrication, la pénétration de chaleur ou l'application de barèmes de stérilisation efficaces, l'importance du récipient et des matières accessoires : eau, ingrédients, vapeur, la notion de l'état sanitaire général des locaux et des machines, ont jeté une lumière nouvelle sur des erreurs de fabrication qui jadis restaient sans explication valable.

a) *Suppression de l'attente.*

La suppression de l'attente suppose immédiatement la mécanisation des installations fournissant en même temps la réponse au problème qualitatif et à celui de la productivité ou du prix de revient.

Signalons cependant que certains conserveurs ont mis des moyens supplémentaires en œuvre pour diminuer la dégradation possible de la matière première et par conséquent du produit final.

Parmi ceux-ci citons la technique de la réfrigération appliquée soit sur les lieux de la récolte soit dans les locaux de stockage de l'usine et le transport en eau glacée de certains fruits ou légumes. — Ces deux techniques relativement jeunes dans l'industrie de la conserve sont appelées à un avenir moyennant les mises au point indispensables.

Les problèmes de la manutention des produits dans l'usine ont surtout retenu l'attention des techniciens. Le pompage et le transport hydraulique sont très généralisés. Les transporteurs à tapis ou à câbles complètent les moyens assurant avec succès l'écoulement continu des légumes ou des récipients vides et remplis à travers l'usine. Un tel matériel logiquement conçu, conduit et entretenu, améliore les conditions hygiéniques de fabrications en réduisant les risques de meurtrissures des produits en éliminant dans une grande mesure le contact manuel peu souhaitable.

Des laveurs de toutes espèces sont incorporés dans toutes les lignes modernes de production, où le brassage est très souvent complété par un barbottage à air comprimé.

La cuisson des légumes se fait de plus en plus dans des appareils continus équipés de variateurs de vitesse et de thermostats pour le réglage de la température.

Le pelage de certains légumes a été résolu en faisant appel à des appareils continus marchant soit à la vapeur soit à la lessive de soude.

Le groupes d'emboîtage comprenant des emboîteuses juteuses et des sertisseuses parfaitement synchronisées, marchent à des allures atteignant plusieurs centaines de boîtes par minute.

Cet accroissement continuel du rythme de production pose un problème de stérilisation. Plusieurs types d'autoclaves continus assurant d'abord la stérilisation puis le refroidissement des récipients sont couramment utilisés dans les usines modernes.

Les batteries d'autoclaves statiques verticaux ou horizontaux ont été modernisées et sont équipées d'un appareillage automatique garantissant la sécurité absolue de l'opération. Le remplissage et la vidange des paniers d'autoclave peuvent être mécanisés, de façon à éviter toute manipulation brutale du récipient en fer blanc.

Les appareils autoleveurs interviennent tant dans les départements de fabrications pour le déchargement ou la manutention des légumes que dans les départements produits finis pour la manipulation des boîtes stérilisées empilées dans leur emballage carton ou non, sur des palettes.

Toutes ces transformations ont augmenté considérablement l'hygiène des conserveries.

La ligne continue à grand rendement horaire impose à la matière première un cheminement dans un sens déterminé, à une allure déterminée. Elle entraîne une organisation telle que l'ordre chronologique est pratiquement respecté depuis la réception du légume jusqu'à l'entreposage de la boîte stérilisée. En cours de route des conditions presqu'identiques se retrouvent dans toutes les boîtes, facteur capital pour la bonne réussite de l'opération de stérilisation.

b) *La Stérilisation.*

La connaissance parfaite des facteurs pouvant influencer cette stérilisation est primordiale.

Les études systématiques de la résistance des bactéries, de l'influence du pH, de l'importance de la contamination initiale, de l'incidence de la température au centre de la boîte, de la composition du milieu, etc..., permettent de mieux comprendre ce qui se passe en réalité dans le récipient au cours de son chauffage sous pression. L'établissement de courbes de destruction des bactéries dans des conditions bien définies de température et de milieu, parallèlement à la détermination de pénétration de chaleur pour les différents formats de boîtes et pour

des produits de consistances différentes, nous aident à interpréter les résultats obtenus dans des cas de la pratique courante ou à prévoir les résultats probables pour des applications nouvelles.

L'École américaine de Ball et ses collaborateurs ont développé une théorie mathématique pour le calcul des barèmes de stérilisation.

Ces investigations scientifiques ont mis l'accent sur certaines autres notions dont l'importance était parfois sous-estimée : la pression intérieure dans les boîtes au cours de la stérilisation en fonction de la température de fermeture et de la forme ou élasticité des fonds et couvercles, le danger que peuvent présenter les brusques variations de pression extérieure au cours de l'autoclavage, la nécessité impérieuse d'assurer dans tous les cas une fermeture parfaite du récipient.

Le serti représente l'élément essentiel de toute boîte métallique. Son étanchéité doit être contrôlée constamment tant au cours de la fabrication de la boîte vide qu'au cours de la fabrication de la conserve.

Nous disposons actuellement de plusieurs méthodes dont les unes sont basées sur le principe du vide, les autres au contraire sur le principe de la mise sous pression. Les unes et les autres ont leurs partisans, mais nous devons surtout retenir qu'actuellement tous les techniciens de la conserve sont absolument convaincus de la nécessité d'assurer un serti impeccable.

Une meilleure connaissance du récipient et des effets stérilisants de la chaleur a permis de mettre en évidence l'importance de la contamination initiale et de l'hygiène générale des usines.

L'état sanitaire de l'usine

Certes, la matière première amène avec elle quantité de bactéries mais le conserveur peut sérieusement aggraver la situation s'il ne fait pas, du maintien de conditions hygiéniques impeccables dans son usine, une lutte de tous les jours.

Il y a d'abord les matériaux utilisés. Une règle de plus en plus suivie est de faire appel à un matériau poli, imperméable, insensible à l'action du produit, de l'eau et de la vapeur, tel par ex. l'acier inoxydable, le plastic, le verre pyrex.

Le matériel conçu en partant de ces matériaux doit être facilement démontable pour le nettoyage, présenter un minimum de surfaces planes, être réalisé avec des fers ronds plutôt qu'avec d'autres profilés, être exempt dans la mesure du possible de filetages intérieurs et de raccords non jointifs ou à recouvrement.

L'installation du matériel doit permettre dans tous les cas un accès facile pour le nettoyage. Les tuyauteries qui échappent normale-

ment à cette règle se nettoient efficacement et économiquement par circulation d'eau additionnée d'un produit détergent ou bactériostatique. Ces mêmes produits se révèlent évidemment très intéressants dans le cas de nombreux autres appareils. Mais nous pouvons affirmer cependant que la contribution la plus importante à l'hygiène de l'usine est l'introduction après guerre de la chloration des eaux. — Elle a permis la généralisation des transports hydrauliques en gardant tout cet appareillage dans un état de propreté inespéré.

Mais ce transport hydraulique aggrave le problème des eaux résiduaires, leur écoulement et leur évacuation. Les planchers des salles de mise en conserve sont réalisés avec des pentes de 1 à 2 %. Les égouts à coins arrondis sont largement dimensionnés et leur pente est suffisante pour assurer un écoulement facile de très gros volumes d'eaux chargées.

Avant de déverser celles-ci dans les rivières publiques il faut les débarrasser de leurs grosses impuretés.

Le système assez couramment utilisé est le tamisage sur tôle perforée vibrante de toutes les eaux résiduaires au fur et à mesure de leur production, car tout délai inutile augmente les risques de fermentation. Sans être parfait, ce traitement rend ces eaux beaucoup moins méchantes.

Les déchets retenus par le tamis vont éventuellement rejoindre les autres déchets résultant de la mise en boîte des légumes, qui doivent être enlevés journellement si possible.

L'entreposage en cours de journée se fait sur une aire facilement nettoyable, située à la distance maximum des locaux de fabrication.

Ceci constitue la précaution minimum dans la lutte contre les insectes et les rongeurs, ennemis dangereux du conserveur.

Toutes ces mesures matérielles risquent cependant d'être insuffisantes si le conserveur n'arrive pas à créer un climat de propreté dans son entreprise.

Pour atteindre ce but, il s'efforce constamment à améliorer le conditionnement des locaux mis à la disposition de son personnel, en soignant particulièrement la peinture et les couleurs utilisées, l'éclairage, l'évacuation des buées, l'aération et le chauffage.

L'usine qui respecte toutes les règles énoncées ci-dessus réunit les conditions nécessaires pour conduire sa fabrication vers le succès Pour que celui-ci soit durable il faut en plus organiser un service de contrôle attentif au moindre détail.

Le contrôle

Ce rôle est confié au laboratoire d'usine.

Ainsi, les changements importants introduits dans la culture requièrent le concours du laboratoire. C'est lui qui effectue les expériences indispensables qui permettent au service culture de prendre la décision, en connaissance de cause. Un seul problème peut exiger des deux service un travail de collaboration de plusieurs années, car les conclusions tirées d'un essai, pour être valables, demandent normalement confirmation et une mise en observation de longue durée.

L'examen organoleptique et chimique de la production journalière et le classement qualitatif de celle-ci en vertu de standards clairs et précis, constituent le travail principal du laboratoire.

Il contrôle parallèlement la stérilité et la stabilité des conserves, d'une part par des essais d'incubation à 37° et 55° et d'autre part par une mise en observation à la température du magasin.

Les corrections des eaux et des jus de couverture, normalement suggérées ou décidées par lui, tombent de toute façon sous sa surveillance.

Équipé pour effectuer des travaux bactériologiques il est généralement responsable de l'état sanitaire de l'usine.

Il est évident que toutes les recherches demandées par le Direction sont au moins coordonnées sinon exécutées par le service laboratoire.

Conclusions

Je crois pouvoir affirmer que nos conserveries modernes travaillent suivant le schéma que je viens de vous décrire. Elles s'efforcent de mettre à la disposition du consommateur un produit normalisé, efficacement contrôlé, réalisé d'après des techniques scientifiques.

Elles vont même plus loin : elles essaient d'établir un contact direct avec leur honorable clientèle. A cet effet, elles procèdent périodiquement à des tests de dégustation qui doivent leur permettre d'adapter leurs fabrications au goût fluctuant de notre époque.

Cette volonté d'ajuster continuellement les formules et les procédés de fabrication prouve à suffisance la jeunesse et le dynamisme de l'industrie de la conserve de légumes.

Résumé.

Le sujet étant trop vaste pour être traité dans son entièreté, nous nous limiterons à l'examen de la conserve en boîtes fer-blanc et plus précisément la conserve de légumes et produits à base de légumes.

Industrie relativement jeune, elle a été régie jusqu'à la fin du siècle dernier par l'empirisme.

Depuis une cinquantaine d'années, l'esprit scientifique a donné l'impulsion bénéfique qui explique l'épanouissement de cette nouvelle branche de l'industrie alimentaire.

Partie des États-Unis, cette évolution a gagné aussi notre pays avec des caractéristiques propres à notre situation nationale.

Des transformations profondes s'opèrent dans la production des matières premières nécessaires à l'industrie.

La conception des usines et de leur outillage est basée sur des principes plus rationnels.

Les laboratoires de contrôle et de recherche modifient les méthodes de fabrication et conduisent à des standards de qualité plus élevés.

Des normalisations naissent, entraînant une augmentation des garanties données au consommateur, les préjugés disparaissent et la voie à de nouveaux progrès est ouverte.

Scientific organization of the food preservation industry

SUMMARY.

The scope of the subject being too wide for a complete survey, only tinned, vegetable or vegetable base preserves will be considered.

This relatively young industry remained empirical till the end of the XIXth century.

In the last fifty years, a more scientific approach has produced a beneficial impulse which explains the expansion of this new branch of food industries.

This evolution has reached our country from the United States, adapted to our national requirements.

The production of the raw materials essential for the industry is undergoing profound changes.

The lay-out of factories and their equipment is based on more rational principles.

Control and research laboratories improve the manufacturing method and lead to higher standards of quality.

Norms are being established, resulting in an increased guarantee for the consumer ; prejudices disappear paving the way for further progress.

Wissenschaftliche Organisation in der Konservenindustrie

ZUSAMMENFASSUNG.

Da der Stoff zu umfassend ist, um ihn im ganzen zu behandeln, beschränken wir uns auf die Untersuchung der Weissblechkonserve und besonders auf die Gemüsekonserve und die Produkte, die ihren Ursprung im Gemüse haben.

Es handelt sich hier um eine relativ junge Industrie, die bis zum Ende des vergangenen Jahrhunderts durch die Empirik gelenkt wurde.

Seit ungefähr 50 Jahren hat der wissenschaftliche Geist einen guten Antrieb gegeben, der das Aufblühen dieses neuen Zweiges der Nahrungsmittelindustrie erklärlich macht.

Von den Vereinigten Staaten kommend hat diese Entwicklung auch unser Land mit seinen unserer nationalen Lage eigenen Eigenschaften erreicht.

Tiefgreifende Umformungen gehen in den für die Industrie notwendigen Rohstoffen vor.

Die Verwirklichung der Fabriken und ihres Materials ist auf vernunftgemässeren Prinzipien aufgebaut.

Die Kontroll- und Forschungslaboratorien ändern die Fabrikationsmethoden und führen zu höheren Qualitätsnormen.

Normen werden ausgearbeitet, diese geben dem Verbraucher bessere Garantien. Die Voreingenommenheiten verschwinden und der Weg für neue Fortschritte ist offen.

COLLOQUE SUR L'ÉVOLUTION ET LES DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS DES SCIENCES BIOMÉTRIQUES DANS LE CADRE DES RECHERCHES AGRONOMIQUES

ORGANISÉ PAR LA SOCIÉTÉ ADOLPHE QUETELET,
RÉGION DE LA « BIOMETRIC SOCIETY » POUR LA BELGIQUE ET LE CONGO,
AVEC LA COLLABORATION DU BUREAU DE BIOMÉTRIE (I.R.S.I.A)

Gembloux, 26 juillet 1960

PRÉSIDENT DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Professeur L. MARTIN
Institut agronomique, Gembloux

The use of electronic computers in the analysis of replicated experiments, and groups of experiments of the same design [1]

by F. Yates

Rothamsted Experimental Station, Harpenden (England)

The Rothamsted electronic computer.

A small electronic computer — the Elliott 401 was installed in the Statistics Department at Rothamsted in 1954. This computer was a prototype machine with 2944 words of magnetic drum storage, i.e. about the size of the IBM 650. It is a binary machine, with a 1 + 1 address system, and B modification on three auxiliary immediate access registers (later increased to six). Input and output is by 5-hole paper tape, and a somewhat primitive card reader has also been fitted. The computer was installed as a research venture, in order to test out the value of electronic computers in research statistics. Since its installation it has been used on a wide variety of research statistical jobs, primarily in agriculture, though we also do a certain amount of work in medicine, education etc.

Today I have been asked to describe the application of the computer to the analysis of replicated experiments and groups of such experiments. The Department has always had a heavy load of experimental analysis, and this load increased substantially after the war when we became responsible for the analysis of all the experiments carried out on the Experimental Husbandry Farms of the National Agricultural Advisory Service. Consequently an investigation of the potentialities of the computer for such work appeared well worth while.

Replicated experiments can be fairly easily analysed on desk machines, and it was therefore not immediately apparent that electronic computers would be of value for this work. Indeed previous attempts to mechanise the analysis of experiments, using punched card machinery had proved abortive. In the event the computer has fully proved its worth, as the following table (Table 1) of the numbers of experiments analysed in the Department shows. (In addition to the numbers of experiments the numbers of separate variate analyses are shown, as these provide a better indication of the total work load. It will be seen that since the electronic computer has been installed the number of

(1) Paru en français dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, n° 3-4, pp. 3-15 (1960).

experiments analysed has increased by a factor of about 6. The number of variate analyses has certainly increased more than this, probably by a factor of about 10. This is because research workers often make a number of subsidiary observations which were previously left unanalysed owing to lack of computational facilities. We now carry out analyses for research stations throughout the country and in addition do a fair amount of work for Commonwealth and foreign countries. It is interesting to note that the staff of the Department has increased very little since the computer was installed.

TABLE 1

Numbers of replicated experiments analysed in the Department

	Number of experiments			Number of variates
	By hand	On computer	Total	on computer
1934	115	—	115	—
1951	437	—	437	—
1955	384	419	803	834
1956	181	683	864	1.701
1957	98	1.253	1.351	5.041
1958	182	1.664	1.846	6.260
1959	67	2.649	2.716	11.102

GUIDING PRINCIPLES IN THE ANALYSIS OF REPLICATED EXPERIMENTS

To handle a work load of the above magnitude with the staff we employ it is essential that the computer should do the whole of the analysis, including the subsidiary calculations such as the calculation of yield of sugar from yield of roots and sugar percentage, conversion of yields to yields per acre, etc. It is also vital that the results should be presented in a form which is suitable for direct transmission to the research workers concerned without any re-typing and with a minimum of annotation. It is equally essential that the preparation of the data for the machine and the specification of the operations required should be as simple as possible.

The programmes must be constructed so as to be sufficiently general to enable all types of design commonly met with to be handled in a routine manner. They must also be capable of dealing with incomplete data (missing plots).

INPUT OF DATA.

The yields of agricultural experiments are usually booked in a numbered plot order, which is the order in which the plots occur on the

field. Laboratory determinations associated with the plots are booked on separate sheets in the same order. Consequently it is essential for convenient punching that the order of punching should be the order of booking, and not in some standard treatment order, and that each variate should be punched separately. The input routine is therefore constructed so as to accept data in this form, the only restriction being that the order shall be the same for all variates. The treatments of the various plots are also punched in the same order. Provision is made to avoid any recoding of the recorded treatments. Thus in factorial designs the levels of the factors are punched plot by plot as they are written. Moreover the lowest levels need not be coded zero ; the computer is given the lowest level of each factor and transforms the code to standard form as the recorded treatments are read in.

Preliminary calculations.

All programmes have a common general input section which performs all the required preliminary calculations, such as conversion of yields, yields of sugar from sugar percentages, etc. These calculations are specified by a simple set of step-by-step instructions, using ordinary mathematical symbols. As a control against gross errors the mean value, the maximum and the minimum of each variate which is read in or calculated is printed out.

Main analysis.

Partly owing to the small size of the machine and partly because of lack of experience it was decided to write separate programmes for the different types of design, starting with the simpler and more commonly used types. The standard programmes available at present are as follows :

Randomized blocks (128 plots)
Latin square (10×10)
3^3 (single replicate)
Randomized blocks with split plots (128 plots)
Randomized blocks with a $p \times q$ factorial system (128 plots)
2^n (including 8×8 quasi-Latin squares - 128 plots)
General orthogonal blocks analysis (6 factors, 16 levels each, 512 plots)

The programmes have been written in as general a manner as possible so as to cope with all designs of a given type. Thus, for example, the 2^n programme will analyse any 2^n experiment containing up to 128 plots. It will deal with partial or complete confounding, estimation of error from high order interactions, incomplete replication, factors at more than two levels (e.g. 4 or 8 levels) and 8×8 quasi-Latin squa-

res ; in the case of confounded experiments, the confounded degrees of freedom do not have to be specified, being determined by the computer in the course of the analysis. (A description of this programme is given by Yates, Healy and Lipton 1957.)

It will be noted that we still lack programmes for some types of design which are in current use, e.g. balanced incomplete blocks, lattice designs and some of the more complicated confounded factorial designs such as $3 \times 2 \times 2$. I will revert to this point later.

The actual process of analysis follows similar lines to that adopted for desk machines, with the exception that deviations from means are used much more fully (these being easily calculated by an electronic computer). Thus in the 2^n programme the machine first calculates deviations from block means for a randomised block experiment or from row and column means for a quasi-Latin square. The subsequent analyses of randomised blocks and quasi-Latin squares are then almost identical.

In the course of the analysis the required tables of means are printed, together with their standard errors ; an analysis of variance more or less in standard form is also provided. In addition the residuals are calculated and used as a general check. They can also be printed if required ; this is usually done as it enables the experimenter to detect anomalous values and provides evidence of fertility gradients, etc.

Missing plots.

On desk machines the analysis of a complicated factorial experiment containing several missing plots is exceedingly troublesome. On an electronic computer missing plots present no programming or computing difficulties if the main programme of analysis is such that the residuals are calculated, since a general method is then available which covers all types of design and any number of missing plots. The procedure is to assign arbitrary values, e. g. the general mean, to the missing plots, perform an analysis of variance, subtract the residuals of the missing plots from the initial values and use these differences as second approximations. The process is repeated until the residuals of the missing plots are sufficiently small to be negligible. Even with a relatively slow computer, such as ours, this process is remarkably speedy since practically nothing need be printed in the preliminary analyses. (Healy and Westmacott, 1957).

Covariance.

We have not written any programmes for full covariance analysis, partly because of the relatively small demand for such analyses and

partly because of machine limitations. All programmes, however, have provision for calculating the residual sum of products between any pair of variates. The full covariance analysis can then be easily completed on a desk machine.

Extension to groups of experiments.

When there are a number of experiments of the same design the analysis of the individual experiments is merely the first step in the complete analysis of the results. If the number is small the summary analysis is a relatively easy task on a desk machine, particularly if the experiments are of a simple type. If the number of experiments is at all large, however, the summary analysis becomes quite a large undertaking which is better done on a computer.

We have recently made a summary analysis of an extensive set of $3 \times 3 \times 3$ fertilizer trials carried out in the State of Bihar, India over a period of four years. This analysis will provide a good example of the methods we have evolved.

The Bihar $3 \times 3 \times 3$ fertilizer trials.

In 1956 a coordinated set of fertiliser trials was started on cultivators' fields in Bihar, and ran for four years. The trials were of uniform $3 \times 3 \times 3$ design for nitrogen, phosphate and potash, each at zero, single and double level in all combinations. The standard type of confounded design in blocks of nine plots was used, with an additional control (no fertiliser) plot in each block. The trials were located in randomly selected villages, the three blocks of each replicate being placed on three separate fields also randomly selected within the village.

All the commonly grown crops were included in the trials but so far only trials on rice have been analysed on the computer.

The State was divided into eight zones corresponding to major soil types and these zones were kept separate in the analysis, as were the irrigated and unirrigated trials.

The analysis of each year's results was carried out separately as the results were received. The details of the analysis of the first year's results (1956/7) have been described by Yates *et al.* (1959) and only a brief outline need be given here. There were in this year 238 single replicate trials on rice which gave eight zone-irrigation groups containing a sufficient number of trials for analysis ; the numbers in the various groups ranged from 8 to 59 single replicate trials.

The analysis was divided into two parts. In the first part each trial was analysed separately, in the second a summary analysis was made of the results obtained from the first part of the analysis.

Analysis of the separate trials.

In this analysis estimates were provided, block by block, of the average responses to each of the factors, i.e.

$$N' = \tfrac{1}{2}\,(N_2 + \bar{N}_1) - \bar{N}_0$$

and the additional responses to the double dressings, i.e.

$$N'' = N_2 - N_1$$

where N_0 is the mean of all plots not receiving nitrogen, etc. The components N'P', N'K', P'K' of the interactions were also estimated, and an estimate of error was obtained from the remaining unconfounded components of interaction.

These results were printed trial by trial, and were also punched out in a form suitable for feeding back to the machine for the summary analysis. In addition cumulative totals of the yields of the separate treatment combinations were obtained so as to provide the required two- and three-factor tables.

Summary analysis of the results for a single year.

In the summary analysis a separate analysis of variance was made for each effect and also for each interaction, i. e. 9 analyses of variance for each zone/irrigation group. This gave a total of 72 separate analyses of variance. Each analysis of variance was hierarchical with successive subdivision by districts, thanas, villages and blocks, with a pooled estimate of error from all the trials in the group. A specimen of the analyses for one zone/irrigation group is given in Table 2. It will be seen that all mean squares for blocks and villages are of the same order of magnitude as experimental error, but that thanas and districts show substantially larger variation in the average responses of N' and P', and to a lesser extent in N'', P'' and K'. There is no evidence of response to the second level of potash (K''), nor any indication of any substantial interactions.

Table 2

Bihar rice trials: Analyses of Variance of Effects and Interactions by Districts,etc., for Zone D, unirrigated (unhusked rice, units of a single plot in maunds per acre)

	d.f.	N'	N''	P'	P''	K'	K''	N'P'	N'K'	P'K'
Error	660	—	—	10,8	—	—	—	—	—	—
Blocks	88	15,1	14,9	8,7	9,7	11,6	10,8	—	—	—
Villages	20	11,9	23,9	7,4	4,1	8,4	10,1	4,4	1,6	5,0
Thanas	20	124,9	46,1	80,8	20,1	37,2	14,0	12,6	7,8	20,6
Districts	3	84,5	66,9	194,1	19,2	15,6	5,9	32,9	11,8	14,2
Mean	1	10.654,9	2.620,0	4.415,5	643,7	867,9	3,3	0,0	29,9	19,4

The mean squares are between the class shown and within the next class.

The reason for computing the main effects separately for each block and including the block term in the combined analysis of variance was to investigate whether there were any differential responses from block to block within a village. The above analysis shows that there were no large effects of this type. Consequently the pooled estimate of error, which includes certain components of responses × blocks, can be regarded as satisfactory. This point is discussed in more detail in the paper referred to above.

The results for the other zone/irrigation groups are similar, and the general conclusion from these analyses is that there is little variation in the responses within thanas, but considerable variation between thanas. In this connection it should be remembered that the major soil types have already been taken into account by the zone grouping. The zones did show substantial differences in the responses.

The experimental sites were also given a crude soil type classification (clay, loamy or sandy) and an analysis of variance based on this classification was also made. This analysis showed conclusively that this soil classification had no consistent correlation with fertilizer responses.

Combined analysis of the four years' data.

The analyses of the results of subsequent years gave a very similar picture. The question remained, however, to what extent the differences in responses which were observed between thanas were consistent from year to year. To investigate this the combined analysis of the four years' results was undertaken, using as data the mean responses in each thana for each year. For a given zone/irrigation group these responses provide a set of two-way tables (years × thanas). However, all thanas were not represented in all years and the numbers of experiments per thana varied from year to year. Consequently the tables were non-orthogonal and had to be analysed by the method of fitting constants (disproportionate frequencies). Fortunately our computer had already been programmed for this type of analysis. This programme provides the values of the fitted constants, the residual sum of squares after the constants have been fitted and the sum of squares accounted for by fitting. From these sums of squares the components of variance can be calculated. Table 3 is a specimen of the results.

Table 3

Bihar rice trials: Components of variance for Zone A, irrigated
(maunds²/acre² of unhusked rice, unit weight = 1 replicate).

	N′	P′	K′	N″	P″	K″
s_T^2	23,64	10,13	0,42	6,49	2,79	0,28
s_Y^2	9,06	0,53	—	5,84	—	—
s_R^2	16,96	15,91	4,99	25,10	1,87	—
s_E^2	3,33	3,33	3,33	4,44	4,44	4,44

The pooled estimate of experimental error has been included in this table, and has been eliminated from the residual error after fitting constants. The total variation between thanas can be regarded as made up of components

$$s_T^2 + s_Y^2 + s_R^2 + s_E^2$$

where s_T^2 represents the constant component of variance between thanas, s_Y^2 a similar component between years, s_R^2 the residual component (apart from experimental error) and s_E^2 the experimental error. It will be seen that for this zone/irrigation group nearly half the total variance of N′ is accounted for by the constant component of variance between thanas. There remains, however, a substantial residual component of variance not accounted for by experimental error or by a constant component of variance between years. This result is somewhat puzzling since it indicates considerable local variation in response from year to year which, however, is not in evidence at the village level. Since the villages were a random selection of villages within thanas and the thana boundaries are purely administrative one would have expected that there would have been some evidence of similar variation between villages. The effect is even more marked in some of the other zone/irrigation groups. An examination of the distribution on a map of the thana responses is clearly required ; for this we are awaiting the requisite maps.

Analyses of this kind could not have been undertaken without the aid of an electronic computer. This applies to the second and third stages of the analysis as well as the analysis of the individual experiments. The method of analysis which was used is quite general ; all that is necessary is to obtain estimates of each relevant effect and interaction from each experiment, and then perform separate summary analyses on these estimates, effect by effect. The process can be extended, when such extension appears worth while, to the study of correlations of the responses with soil and meteorological factors, and the correlations of the responses amongst themselves, and with the mean yield.

Future developments.

The installation at Rothamsted of a larger and more powerful computer, the Ferranti Orion, has now been sanctioned, and for this computer we plan to develop improved programmes for the analysis of individual experiments and also to extend and generalise our techniques for the analysis of groups of experiments. The main improvements that are required in the analysis of individual experiments are :

(a) the construction of a set of programmes (or perhaps a single general programme) which will deal with all types of experiment, including

those not at present catered for, and which will also handle variants of the standard designs which can only be dealt with at present by *ad hoc* modifications of our standard programmes.

(b) Further simplification of the system of specifying the details of the analyses required for particular jobs.

(c) Facilities for full covariance analysis, including covariance on more than one variate.

(d) Easier specification of the preliminary computations. At present we work in fixed point arithmetic and scaling has consequently to be introduced ; this is sometimes troublesome. The new machine will work in floating point arithmetic so that scaling problems will not arise.

Similar extension of the analysis of groups of experiments will be required. No exact formulation of these has yet been attempted.

Two other types of experiment frequently require analysis, namely long-term experiments and experiments in which determinations are made at successive intervals on the individual units, e.g. successive harvestings of a crop and successive weights of animals in an animal feeding experiment. With a larger computer it will be possible to deal much more effectively with such experiments.

When the new computer is installed and an adequate set of programmes has been provided we should have available a very powerful instrument for the analysis of replicated experiments which I hope will be of value for agricultural research not only in the United Kingdom but also to many other countries.

General problems in the utilization of a computer in research statistics.

It will be seen from the above discussion and example that the utilisation of a computer for problems in research statistics depends on

(a) having access to a computer ;
(b) having the necessary programmes available ;
(c) knowing how to apply them.

I do not wish to underestimate the difficulties associated with (b) and (c). The preparation of an adequately powerful and general battery of programmes for even limited fields of statistical analysis is no light task. Equally their application to specific problems requires knowledge of the actual operations performed by the programmes (though not of the details of the way in which they perform their tasks) and the methods of specifying the exact analyses required.

For these reasons I think that the best course for the future may lie

in the development of computer centres which specialise in particular lines of work, e.g. research statistics. By this means a group of workers can be assembled who are fully conversant with the problems they are called upon to handle and the available programmes. Statisticians may then find it more profitable to make use of such a centre, rather than attempting to utilise the nearest available computer.

Finally I may emphasise two general points about the use of an electronic computer for computations in research statistics. The first is that the statisticians no longer have to trouble themselves with many minor details of the analysis, e.g. the handling of confounded degrees of freedom, missing plots, fitting constants to multiway tables with disproportionate frequencies. They can therefore devote themselves to more important tasks, such as the planning of experiments, and to the final interpretation of the results. The necessity for training computers in the complexities of routine computation, such as the analysis of variance, is also avoided. Secondly the much greater speed at which analyses can be carried out is a great help to research workers who in the past have had to wait for many months, and even years, before the results of the full analysis of their materal became available.

BIBLIOGRAPHIE

Healy, M. J. R. and Westmacott, M. H. The problem of missing values in experiments analysed on automatic computers. *Appl. statist.*, **5**, 203-206, 1957.

Yates, F., Healy, M. J. R. and Lipton, S. Routine analysis of replicated experiments on an electronic computer. *J. R. statist. Soc. B*, **19**, 234-254, 1957.

Yates, F., Lipton, S., Sinha, P. and Das Gupta, P. An exploratory analysis of a large set of $3 \times 3 \times 3$ fertilizer trials in India. *Emp. J. exp. Agric.*, **27**, 263-275, 1959.

Yates, F. The design and analysis of factorial experiments. *Comm. Bur. Soil. Sci. Tech. Comm.*, **35**, 1937.

Summary.

A small electronic computer — the Elliott 401, a drum machine with a store of 2,944 words — was installed at Rothamsted in 1954 for use in agricultural research statistics. It has been employed on a wide variety of statistical jobs. One of these is the analysis of replicated experiments, for which a set of programmes covering all the more commonly used designs has been written. In 1959 over 2,500 experiments were analysed, involving 11,000 separate variate analyses. An extension of this work is the summarisation of groups of experiments of the same design, such as cooperative fertilizer trials. A large piece of work of this kind which has just been completed is

the analysis of a group of about 1000 $3 \times 3 \times 3$ fertilizer trials, extending over four years, for the State of Bihar, India. The methods followed in this analysis will be described. The electronic computer enabled a thorough analysis to be made, which would have been quite impracticable on desk calculators.

L'utilisation des machines à calculer électroniques dans l'analyse d'expériences répétées et de groupes d'expériences de même plan

RÉSUMÉ.

Une petite machine à calculer électronique — l'Elliott 401, une machine à tambours ayant un magasin de 2.944 mots — a été installée à Rothamsted en 1954 et mise au service de la statistique en recherche agronomique. Elle a été utilisée pour une grande variété de travaux statistiques. L'un de ceux-ci est l'analyse d'expériences répétées, pour laquelle on a élaboré une série de programmes couvrant tous les plans utilisés le plus couramment. Plus de 2.500 expériences ont été analysées en 1959, comprenant 11.000 analyses séparées de types variés. Une extension de ce travail consiste à concentrer des groupes d'expériences réalisées selon le même plan, tels que des essais coopératifs d'engrais. On vient de terminer une grande partie du travail de ce genre ; il s'agit de l'analyse d'un groupe d'environ 1.000 essais d'engrais $3 \times 3 \times 3$, portant sur 4 années, de l'État de Bihas en Inde. Les méthodes suivies dans cette analyse seront décrites. La machine à calculer électronique permet d'effectuer une analyse approfondie qui aurait été tout à fait irréalisable sur des machines à calculer de bureau.

Die Anwendung elektronischer Rechenmaschinen zur Analyse von Wiederholungsversuchen und Versuchsgruppen mit gleicher Anordnung

ZUSAMMENFASSUNG.

Zur Verwendung in landwirtschaftlichen Forschungsstatistiken wurde im Jahre 1954 in Rothamsted eine kleine elektronische Rechenmaschine — die Elliot 401, eine Trommelmaschine mit einem Vorrat von 2.944 Worten — eingeführt. Sie wurde bei den verschiedensten statistischen Aufgaben verwandt. Eine dieser Aufgaben ist die Analyse von Wiederholungsversuchen, wofür ein Programmasatz für alle häufiger angewandten Anordnungen ausgearbeitet wurde. Im Jahre 1959 wurden über 2.500 Experimente analisiert, darunter 11.000 getrennte Varianzanalysen. Zusätzlich zu dieser Arbeit gehört die Zusammenfassung von Versuchsgruppen gleichen Typs, wie z.B. verschiedene Düngungsversuche. Eine umfangreiche Arbeitsaufgabe dieser Art ist gerade beendet — nämlich die Analyse einer Gruppe von etwa 1000 $3 \times 3 \times 3$ Düngungsversuchen für den Staat Bihar, Indien, die sich über 4 Jahre erstreckte. Die bei dieser Analyse angewandten Methoden werden beschrieben.

Die Elektron-Rechenmaschine ermöglichte eine gründliche Analyse, die mit gewöhnlichen Büro-Rechenmaschinen undurchführbar gewesen wäre.

Design of Dairy Feeding Experiments [1] [2]

by H. L. Lucas

Department of Experimental Statistics,
North Carolina State College, Raleigh (U.S.A.)

Types of designs

For dairy feeding work, as for much other animal work, it is convenient to classify experimental designs into two categories :

(a) Designs appropriate for continuous trials
(b) Designs appropriate for change-over trials.

In continuous trials, an animal, once placed on an experimental treatment, remains on that treatment for the duration of the trial. In change-over trials, an animal receives a time-sequence of two or more treatments. In continuous trials there are ordinarily two periods of observation, but in change-over trials there may be several periods. It should be noted, however, that there are some sorts of continuous trials with only one period of observation, e. g., when experimental treatment is to start at birth or weaning.

Special provision to remove inherent time trends in behaviour and the effects of secular trends in nontreatment environment must be made in designing change-over trials. The method of removing the main effects of items such as starting time and location from experimental error is essentially the same in the two types of trials.

Designs for continuous trials

The basic design. The two periods of observation in continuous trials will be termed the standardization period (S.P.) and the comparison period (C.P.).

During the S.P. all cows to be used should be handled in a standard manner, and their performances measured. All rules of procedure

(1) The author and this Journal acknowledge the kind permission of the *Journal of Dairy Science* and of *Garrard Press*, Champaign, Illinois, to publish a portion of the paper, « Critical Features of Good Dairy Feeding Experiments », by H. L. Lucas *Journal of Dairy Science*, 43 : 193-212, 1960.

(2) Paru en français dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, n° 3-4, pp. 17-31 (1960).

fitting for the C.P. should be followed rigorously during the S.P. At the end of the S.P., the cows are allotted to experimental treatment. The basic design pattern for continuous trials is shown in Table 1.

TABLE 1

The basic design pattern for continuous trials

Experimental period	Cows in :			
	Group 1	Group 2	...	Group p
Standardization	Tr. 0(a)	Tr. 0	...	Tr. 0
Comparison	Tr. 1	Tr. 2	...	Tr. p

(a) Tr. 0 = a standard treatment which may be one of the experimental treatments.

As BARTLETT (1) points out, the two periods properly are considered to be experimental periods ; hence, the use of the terms standardization and comparison instead of the common terms, preliminary and experimental. It seems desirable to employ the term, preliminary period, for the time prior to the S.P. during which cows are adapted to the base experimental conditions and individual feed allowances are adjusted to proper base levels [LUCAS (10)].

LENGTH OF EXPERIMENTAL PERIODS. In single-lactation studies, the optimum length of S.P. is 2 to 3 wk. [BARTLETT (1), LUCAS unpublished]. Longer or shorter times ordinarily will lead to slightly increased experimental errors. No work has been done on length of S.P. for multilactation studies. The S.P. might be a full lactation. It seems, however, that a good procedure would be to use the first 3 mo., of the first experimental lactation as the preliminary period and the remainder of that lactation as the S.P.

Minimum length of th C.P. is determined by the purpose of an experiment. It might be 10 or 20 or more wk. in single-lactation studies, or consist of two or more total lactation periods in multilactation studies. The shortest C.P. compatible with the experimental purpose should be used, however, because experimental errors increase with length of C.P.

USE OF S.P. PERFORMANCE FOR ERROR CONTROL. It has been the common practice for a long time to utilize S.P. performance in allotment of cows to treatment groups by the procedure of balancing ; i.e., by assigning the cows to treatment groups in such a way that the average S.P. performances of the several groups are as close to

identical as possible. Attempts are sometimes made to render the ranges of S.P. performance about the same in the several groups.

Balancing has been criticized on the grounds that it can lead to bias, and, in its place, random allotments have been recommended. Studies made by the author lead to the view that balancing is acceptable in dairy experiments. In fact, if balancing can be done well, it seems preferable to random allotment in small experiments, because it guarantees a maximum possible efficiency factor for the experiment(15). The acceptability of balancing rests on the fact that the relation of S.P. performance to C.P. performance, if all cows in a group are subjected to the same conditions, is essentially linear.

Regardless of whether balancing or random allotment is used, S.P. performance must be taken into account in the analysis of the data. Several methods of doing this have been used to some extent, but the most efficient approach appears to be covariance analysis. Bartlett (1) discussed covariance analysis for continuous trials with dairy cattle, and the requisite arithmetic is described in many statistical texts.

Control of factors affecting the correlations between S.P. and C.P. performances. It may happen that

(a) Calving dates and/or mid-gestation dates are such that some cows have to be started on experiment at different times than do others.

(b) To be able to obtain a sufficient number of observations, some of the cows must be housed at one location and some at other locations.

The time course of production, both inter- and intra-lactational, no doubt would vary between starting times and between locations, and provision for this should be made in design and analysis.

Table 2

The blocked design pattern for continuous trials

Block	Experimental period	Cows in :			
		Group 1	Group 2	...	Group p
1	Standardization	Tr. 0	Tr. 0	...	Tr. 0
	Comparison	Tr. 1	Tr. 2	...	Tr. p
2	Standardization	Tr. 0	Tr. 0	...	Tr. 0
	Comparison	Tr. 1	Tr. 2	...	Tr. p
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
n	Standardization	Tr. 0	Tr. 0	...	Tr. 0
	Comparison	Tr. 1	Tr. 2	...	Tr. p

The principle of blocking, as symbolized in Table 2, can be invoked. Blocks can correspond to starting time, location, or to a combination of the two. It is desirable that the number of cows per treatment be uniform within a block, but the number can vary between blocks.

In the analysis, the variation associated with blocks is removed from the estimate of experimental error. Covariance on S.P. performance is employed as in the basic pattern. The effectiveness of the covariance adjustment is so great that production level ordinarily should not serve as a basis for forming blocks in continuous trials. If production-level by treatment interaction is expected to be noticeable, however, blocking on production level may be desirable.

Further ramifications of the design and analysis of continuous trials are pointed out by Lucas (14).

The experimental unit and expected unit errors. In practically all continuous trials, the experimental unit is the individual cow. Proper design and analysis of single-lactation continuous trials in which S.P. performance can be taken into account leads to unit errors in the ranges shown in Table 3. The figures apply for milk, fat, and *FCM* production and for fat percentage.

No direct estimates of errors for multilactation continuous trials are available. The interlactation correlations which exist suggest that errors no lower than 15 percent would be expected, even with careful planning and conduct of experiment, and that errors as high as 25 percent could occur.

Table 3

Unit errors for continuous trials

Length of CP	Expected errors (1)
(wk.)	(%)
10	4-8
20	7-11
30	11-15

(1) Coëfficients of variation.

Unit errors with monozygotic twins. There have been many reports to the effect that experimental errors may be reduced greatly by using monozygotic twins. From uniformity data on lactating twins, Patchell (16) computed that one pair of twins is equivalent to 3.2 to 5.5 pairs of randomly selected animals when studying yields of milk and milk constituents, and to 23.3 random pairs for fat percentage.

He notes that these figures may be optimistic for actual experimental work because of interaction of genetic make-up with environment. Patchell's figures are conservative compared to those of some earlier workers.

Hancock (9) reports a feeding experiment involving nine sets of twins. Two traetments were compared in a continuous trial with a 3-wk. S. P. and an 8-wk. C. P. For milk production, fat production, and fat percentage, he obtained unit errors of 6.2, 7.5, and 2.3%, respectively. Comparing with Table 3, some advantage for twins is indicated with milk-composition measures (such as fat percentage) but not for production measures. Other studies reported by Hancock (7, 8, 9), seem to warrant the conclusion that there is no advantage in employing monozygous twins to study feeding effects on milk production, except when the use of an S. P. is not compatible with the purpose of an experiment ; e. g., when treatments are to be initiated prior to the first calving.

Designs for change-over trials

Change-over trials have been popular in dairy cattle work for many years. They have intuitive appeal from the standpoints of error control and the number of observations per traetment that can be made with a given number of cows.

Questions have been raised regarding the valinity of change-over trials. Two main points are involved ; namely, that carry-over or residual effects of preceding treatments mask the effects of current treatment and that, even if carry-over effects do not exist, there possibly is a bias in estimating experimental error. Associated with the problem of carry-over effects and with some other considerations of minor nature, is the matter of optimum period length, particularly in single-lactation studies.

A considerable amount of work has been done on the matter of designs and methods of analysis intended to surmount the problem of carry-over effects. Bias in the estimate of error also has been investigated. The question of period length is a moot one. The author instinctively prefers periods of 4 wk. or more for most feeding trials wherein lactation is concerned.

Types of change-over trials. Change-over trials are basically of two types :

(a) Rotational (cyclical or round-robin) types
(b) Switch-back (reversal) types

and these are distinguished by the nature of the sequences of treatments employed. The basic rotational types are those in which the treatments in a sequence are all different. The switch-back types involve repetition of one or more treatments, but the repetitions do not occur contiguously

In both types, the treatment sequences can not be the same for all cows. Two or more different sequences must be imposed, to eliminate from experimental error the average inherent time trend in the performance of cows and the effects of secular changes in nontreatment environment.

In both types of trials, as in the continuous trials, preliminary and standardization periods are desirable. The S.P. serves the valuable purpose of permitting the cows finally to stabilize to the base experimental conditions. Although performance during the S.P. is not ordinarily utilized in the analysis of change-over trials, it should be used in the design of rotational type trials, in order to group cows most advantageously for exploiting the intra- and inter-lactational correlations in performance. In switch-back trials, S.P. performance can be completely disregarded in allotting cows to treatment sequences as well as in analysis.

ROTATIONAL DESIGNS. The most familiar designs for rotational trials are the Latin-squares. A pattern for three treatments is shown in Table 4. Ordinarily, several cows will be placed on each treatment

TABLE 4

A Latin-square change-over design

Comparison period	Treatment sequence		
	1	2	3
1	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3
2	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 1
3	Tr. 3	Tr. 1	Tr. 2

sequence in small designs. Extension of the Latin-square pattern to any number of treatments is obvious, but there is usually a limitation on the number of comparison periods that can be used. In single-lactation studies, if periods are to be of reasonable length (4 to 6 wk.), the number of periods ordinarily must be limited to three, four, or five. When the number of treatments exceeds the possible number of periods, incomplete Latin-square patterns can be used (19). More extensive comments on this point are given by LUCAS (14).

SWITCH-BACK DESIGNS. The basic pattern for switch-back trials involves two treatments in a three-period pattern with two sequences, as shown in Table 5. Again, several cows are placed on each sequence in small designs. The alternation scheme can be continued through four or more periods, but this appears to be of no advantage.

Switch-back patterns can be constructed for three or more treatments, still maintaining the three-period feature [Seath (21), Taylor and Armstrong (22), and Lucas (12)].

Table 5

The basic switch-back pattern

Comparison period	Treatment sequence	
	1	2
1	Tr. 1	Tr. 2
2	Tr. 2	Tr. 1
3	Tr. 1	Tr. 2

Provision for carry-over effects. Except for the devices of using comparison periods as long as possible, and of basing interpretations only on performance during the latter parts of the periods, little can be done about carry-over effects in swith-back trials. The same devices can be employed in trials of the rotational type, but more desirable procedures are available if certain assumptions regarding the nature of carry-over effects hold closely in practice.

Cochran (4) devised Latin-square designs and corresponding analyses which permit estimation of and correction for carry-over effects under the assumption that the carry-over effect of a treatment is independent of the treatment with which it occurs. This assumption has characterized essentially all of the work on carry-over effects to date and seems adequate for many situations. There are instances, however in which the assumption does not apply, and work on the matter is needed.

A distinctive feature (the symmetry feature) of Cochran's designs is that each treatment is immediately preceded by each other treatment the same number of times. For three treatments, six sequences (two squares) are required, as shown in Table 6.

Table 6

A Latin-square change-over design balanced for carry-over effects

Comparison period	Treatment sequence					
	1	2	3	4	5	6
1	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 3
2	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 1	Tr. 3	Tr. 1	Tr. 2
3	Tr. 3	Tr. 1	Tr. 2	Tr. 2	Tr. 3	Tr. 1

Under the assumption that carry-over effects persist only one period, WILLIAMS (23) proved that symmetry can always be attained with one Latin-square when the number of treatments is even, and with two squares when the number of treatments is odd. WILLIAMS (24) also found sets of Latin-squares which are symmetrical for carry-over effects persisting for two periods. To permit the number of periods to be less than the number of treatments, PATTERSON (18, 19) developed sets of incomplete Latin-squares that are balanced for carry-over effects lasting one period.

The basic patterns of complete and incomplete Latin squares balanced for carry-over effects can be extended by continuing the final treatments into an additional period [LUCAS (13) and PATTERSON and LUCAS (20)]. This provides patterns in which each treatment is immediately preceded the same number of times by every treatment including itself. The extra-period designs are particularly good for estimating carry-over effects that persist one period. Federer (6) presents some designs in which the doubled period is not always the final one.

COMPONENTS OF ERROR IN CHANGE-OVER TRIAL . Because each cow receives two or more treatments, and because the several treatments appear in each comparison period in change-over trials, it is possible to find ways of contrasting treatments, such that the error of the contrasts contains none of the between-cow and between-period variations in general production level. Remaining in error, however, are the between-cow variations in time trend (period by cow interaction). Appropriate methods of analysis are described in the references cited in this section and the immediately preceding sections dealing with rotational designs, switchback designs, and carry-over effects. They are considered also in texts such as COCHRAN and COX (5) and FEDERER (6).

In trials of the rotational type, the between-cow variations in all components of the time trend (linear, quadratic, cubic, etc.) contribute to experimental error. The usual method of analysis does not, in general, give the several components proper relative weight, and a bias in estimating error can be introduced [PATTERSON (17), LUCAS (11), and PATTERSON and LUCAS (20)]. A correct analysis is laborious and hardly practical and, often, the bias is unimportant. If the bias is thought to be important, the usual analysis can still be used, with an approximate correction suggested by the authors just cited.

In switch-back trials, proper analysis [BRANDT (2) and LUCAS (11)] eliminates one or more components of the time trend from error. For example, in the three-period design, the linear component is eliminated

and in the four-period extension, linear and quadratic components are eliminated. Error in switch-back trials thus attains the base level.

Error control in change-over trials. As indicated previouslly some of the between-cow variation in time trend is related to production level. Experience of the author indicates that the linear component of the trend provides most of the portion related to production level ; i.e., the quadratic and higher-order components are related to production level in a negligible way, even when the range of production level of the cows is wide. Thus, production level must be taken into account in trials of the rotational type, but can be neglected in the switch-back type.

All components of the between-cow variations in time trend can be increased seriously if the sequence of nontreatment environmental conditions varies between cows. Thus, items such as starting time and location must be taken into account to realize minimum errors in both types of change-over trials, just as was the case for continuous trials. To avoid complications of analysis in rotational change-over trials, the S.P. performance is best taken into account by blocking procedures, instead of by covariance.

Blocking in change-over trials. The treatment sequences forming the basic pattern of a change-over design usually fall naturally into one or more, say g, groups (e.g., the two squares in Table 6). If n cows are placed on each sequence, it can be considered that the total number of blocks in the experimental design is gn. Effects of factors that can be made to coincide with blocks do not appear in experimental error and can be eliminated from the estimate of error by proper analysis.

Blocks can be made to correspond to starting times and/or locations. This is an effective error-reducing procedure in both types of change-over trials. If errors are to be minimized in the rotational types of trials, the cows within a given block should be as uniform as possible as regards S.P. performance.

Blocking and associated features of statistical analysis are discussed by Cochran (4) and Lucas (13) for trials of the rotational type, and by Lucas (12) for switch-back designs.

The experimental unit and unit errors. In change-over trials as in continuous trials, the experimental unit strictly is the individual cow. The practical method of analysis for trials of the rotational type is based on the assumption, however, that the experimental unit is the cow-period (one comparison period on one cow). The possible bias in estimate of error is associated with this erroneous assumption. For

experimental planning, it is satisfactory to consider the experimental unit to be the cow-period.

Analysis of switch-back trials is done under the correct assumption that the unit is the cow. Nevertheless, it is convenient, for comparative purposes and for experimental planning, to consider the cow-period to be the unit in switchback designs.

In single-lactation studies of the rotational type, unit errors (per cow, per period) average between 5 and 6 percent, with a usual range of 1,5 to 9,5 percent [Burt (3), Lucas (13) and Taylor and Armstrong (22)]. These figures apply for fat percentage and for milk, fat, and FCM productions. They are affected but slightly by period length if periods are from 3 to 6 wk. long.

In single-lactation studies of the switch-back type the unit errors for production measures average between 2 and 3 percent, with a range of 1 to 7 percent [Lucas (13) and Taylor and Armstrong (22)]. In line with earlier remarks, the author has not found the unit errors in the three-period switch-back design to be much different from those for the four-period extension.

No work on errors for multilactation change-over trials has been done. Nevertheless, judging from interlactation correlations, it appears that the errors would be no less than 10 percent in switch-back types and as high as 20 percent in rotational types.

Choice of design

Factors to consider in deciding on the type of design to use have been listed by Lucas (13), and the relative merits of the basic vs. the extra-period rotational type change-over designs have been examined rather carefully by Patterson and Lucas (20). However, until more work, both theoretical and experimental, is done only rough recommendations can be made on some points regarding choice of design.

From a consideration of the unit errors and of the efficiency factors [Lucas (15)], it seems clear enough that the three-period switch-back designs are the best to use if carry-over effects safely can be assumed to be negligible. If carry-over effects are not large, or do not persist very long, the switch-back designs also may be preferable if one is interested simply in detecting treatment effects and not in estimating the magnitude of treatment effects to be expected in practice.

If one anticipates carry-over effects that are large but persisting only one period, the rotational types of change-over trials may be the proper ones to use, particularly if detection of treatment effects instead of estimation is the main goal. In this case, the basic designs seem preferable to the extra-period designs.

If large carry-over effects seem likely, and interest lies in estimating permanent (direct plus carry-over) effects for practice, a choice must be made between the extra-period rotational type change-over trials and continuous trials. The extra-period change-over designs seem satisfactory for many of the ordinary feeding experiments. Actually, the matter depends on how well the assumptions about the nature of the carry-over effects that are made in design and analysis fit the real situation.

Finally, it seems clear that continuous trials shou d be used if the treatments involve variations of nutritional factors which might be stored in large amounts relative to weekly, monthly, or yearly need (e. g., the fat-soluble vitamins and certain minerals), and if interest lies in estimating quantitatively the long-run effects.

BIBLIOGRAPHY

(1) Bartlett, M. S. An Examination of the Value of Covariance in Dairy Cow Nutrition Experiments. *J. Agr. Sci.*, **25**, 238, 1935.

(2) Brandt, A. E. Tests of Significance in Reversal or Switschbak Tr.als. *Iowa Agr. Expt. Sta., Research Bull.*, **234**, 1938.

(3) Burt, A. W. A. The Effect of Variations in Nutrient Intake upon Yield and Composition of Milk. III. A Note on Experimental Methods. *J. Dairy Research*, **25**, 1, 1958.

(4) Cochran, W. G., Autry, K. M. and Cannon, C. Y. A Double Change-Over Design for Dairy Cattle Feeding Experiments. *J. Dairy Sci.*, **24**, 937, 1941.

(5) Id., and Cox, G. M. Experimental Designs. John Wiley and Sons, Inc. New York, 1957.

(6) Federer, W. T. Experimental Design. The Macmillan Company, New York, 1955.

(7) Hancock, J. Studies in Monozygotic Cattle Twins. VII. The Relative Importance of Inheritance and Environment in the Production of Dairy Cattle. *New Zealand J. Sci. Technol.*, A, **35**, 67, 1953.

(8) Id., Studies in Monozygotic Cattle Twins. VIII. Performance of Identical Twins when Uniformly Treated After Having Been Subjected to Different Treatments in the Same Lactation. *New Zealand J. Sci. Technol.*, A, **35**, 93, 1953.

(9) Id. Studies in Monozygotic Cattle Twins. IX. The Value of Identical Twins in Short-Term Trials. *New Zealand J. Sci. Technol.*, A, **35**, 97, 1953.

(10) Lucas, H. L. A Method of Equalized Feeding for Studies with Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, **26**, 1011, 1943.

(11) Id., Bias in Estimation of Error in Change-Over Trials with Dairy Cattle. *J. Agr. Sci.*, **41**, 146, 1951.

(12) Id. Switch-Back Trials for More than Two Treatments. *J. Dairy Sci.*, **39**, 146, 1956.

(13) Id. Extra-Period Latin-Square Change-Over Designs. *J. Dairy Sci.*, **40**, 225, 1957.

(14) Id. Experimental Designs and Analyses for Feeding Efficiency Trials with

Dairy Cattle. Feed Utilization by Dairy Cows, Chap. 15. Iowa State College Press, Ames, Iowa, 1958.
(15) Id. Experimental Sensitivity in Dairy Feeding Experiments. Mimeograped material. (May be obtained by writing to the author). N. C. State College, Raleigh, N. C.., 1959.
(16) Patchell, M. R. A Uniformity Trial with Monozygous Twin Cows. *New Zealand J. Sci. Technol.*, **38**, 1, 1956.
(17) Patterson, H. D. The Analysis of Change-Over Trials. *J. Agri. Sci.*, **40**, 375, 1950.
(18) Id. Change-Over Trials. *J. Roy. Stat. Soc. Series* B, 13, 256, 1951.
(19) Id. The Construction of Balanced Designs for Experiments Involving Sequences of Treatments. *Biometrica*, **39**, 32, 1952.
(20) Id. and Lucas, H. L. Extra-Period Change-Over Designs. *Biometrics*, **15**, 116, 1959.
(21) Seath, D. M. A 2 × 2 Factorial Design for Double Reversal Feeding Experiments. *J. Dairy Sci.*, **27**, 159, 1944.
(22) Taylor, W. B. and Armstrong, P. J. The Efficiency of Some Experimental Designs Used in Dairy Husbandry Experiments. *J. Agri. Sci.*, **43**, 407, 1953.
(23) Williams, E. J. Experimental Designs Balanced for the Estimation of Residual Effects of Treatments. *Austrialian J. Sci. Research*, Series A, **2**, 149, 1949.
(24) Id. Experimental Designs Balances for Pairs of Residual Effects. *Australian J. Sci. Research.* Series A, **3**, 351, 1950.

Summary.

Designs for dairy feeding experiments fall in two categories : (1) *continuous trials*, in which each cow receives only one experimental treatment, and (2) *change-over trials*, in which each cow receives two or more experimental treatments in a time sequence. Performance on a common ration is observed during a standardization period (S.P.) of 2-3 weeks before cows are allotted to experimental treatment.

The most useful designs in continuous trials are simple groups and simple blocks types. To realize small errors, S.P. performance is taken into account, e.g. by covariance, when analyzing results.

Change-over trials fall in two categories : (1) *cyclical types*, in which the treatments in a given sequence are all different, and (2) *switch-back types*, in which a treatment may appear twice in the same sequence but not successively. Latin squares or their derivatives typify the cyclical patterns. A common switch-back pattern has the sequences ABA, BAB. Errors in change-over trials are small because treatments are compared within cows. They are smaller in switch-back than in cyclical types, because the linear component of the time trend is removed from error.

Provision to estimate carry-over effects must sometimes be made in change-over trials. This can be done effectively only with the cyclical types.

Monozygous twins are of little advantage in the common sorts of dairy feeding experiments.

Le plan des expériences d'alimentation des vaches laitières

Résumé.

Les plans des expériences d'alimentation des vaches laitières se répartissent en deux catégories : (1) *essais continus* dans lesquels chaque vache ne reçoit qu'un traitement expérimental, et (2) *essais en « change-over »* dans lesquels chaque vache reçoit deux ou plusieurs traitements expérimentaux en une séquence. Les réactions à une ration commune sont observées durant une période standardisée (P.S.) de 2-3 semaines avant que les vaches ne soient soumises au traitement expérimental.

Les plans les plus utiles pour les essais continus appartiennent aux types en groupes simples et en blocs simples. Pour réaliser de petites erreurs, on tient compte des réactions P.S., par exemple en covariance, lors de l'analyse des résultats.

Les essais en « change-over » tombent dans deux catégories : (1) types cycliques dans lesquels les traitements d'une séquence donnée sont tous différents et (2) types en « switch-back » dans lesquels un traitement peut apparaître deux fois, mais non successivement, dans un même séquence. Les carrés latins et les plans qui en dérivent sont typiques des schémas cycliques. Un modèle courant de « switch-back » présente les séquences ABA, BAB. Les erreurs dans les essais en « change-over » sont petites car les traitements sont comparés au sein des vaches. Elles sont plus petites dans les types en « switch-back » que dans les types cycliques car la composante linéaire de la tendance due au temps est dégagée de l'erreur.

Les jumeaux univitellins sont quelque peu avantageux dans les expériences courantes d'alimentation des vaches laitières.

Der Plan der Ernahrungsversuche für Milchkuhe.

Zusammenfassung.

Die Pläne der Ernährungsversuche für Milchkuhe teilen sich in zwei Arten auf : (1) *Fortgesetzte Versuche*, in denen jede Kuh nur eine Versuchsbehandlung erhält, und (2) « *Change-over* »-*Versuche*, in denen jede Kuh zwei oder mehrere Versuchsbehandlungen während einer gewissen Zeitfolge bekommt. Die Wirkungen einer gemeinsamen Ration werden während einer standardisierunge Periode (S.P.) von 2 bis 3 Wochen beobachtet, bevor die Kühe zur Versuchsbehandlung angesetzt werden.

Die für die fortgesetzten Versuche nützlichsten Pläne sind jene, die mit einfachen Gruppen und einfachen Blöcken arbeiten. Um kleinen Fehler zubekommen, berücksichtigt man die S.P. Wirkung, zum Beispiel als Mitveränderlichkeit bei der Ergebnisanalyse.

Die « Change-over »-Versuche bilden zwei Klassen : (1) Zeitkreisförmiger Art, in der die Behandlungen während einer gegebenen Zeitfolge alle verschieden sind, und (2) in « Switch-back » Art, in welcher eine Behandlung zweimal vorkommen kann, abernicht auf einander folgend in einer gleichen Zeitfolge. Die Lateinischen Quadrate und die von diesen herstammenden Pläne sind typisch für die zeit kreisförmigen Schemas. Ein geläufiges Muster für das Switch-back verfahren sind die Beispiele ABA, BAB. Die Fehler in den Switch-back versuchen sind gering, da die Behandlungen in den Kühen verglichen werden. Diese sind geringer in dem Switch-back verfahren hat die Folgenals in dem zeitkreisförmigen Verfahren, da die zeitlich bedingte lineare Komponente vom Fehler ausgeschlossen ist.

Die eingebärmüttrigen Zwillinge bringen nur wenig Vorteile in den geläufigen Ernährungsversuchen für Milchkühe.

La sélection artificielle suivant des caractères quantitatifs [1]

par Henri L. Le Roy
Institut für Tierzucht Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich (Suisse)

1. — Généralités

Nous sommes redevables à Sir Ronald Fisher et à Sewall Wright de la transposition des principes et méthodes statistiques dans la génétique des populations. Jay L. Lush, un élève de Wright, a le mérite d'avoir introduit ces idées en Amérique dans les recherches orientées vers la génétique des populations et de leur avoir ouvert un vaste champ d'application. D'autre part, les conceptions de Fisher, c'est-à-dire les examens analytiques de la variation, furent introduites dans la génétique moderne des populations par son élève Oscar Kempthorne et ces conceptions ont dès lors reçu ici la place qui leur est due.

Les problèmes de l'hérédité des caractères quantitatifs surgissent immédiatement quand on s'occupe de sélection artificielle. L'élevage des animaux et la culture des plantes sont en soi des problèmes de sélection. Les connaissances relatives à l'hérédité des caractères quantitatifs, acquises à partir de l'élevage et de la culture, peuvent être également, en principe, appliquées judicieusement à l'hérédité des caractères quantitatifs en génétique humaine.

Ayant une formation d'agronome, je voudrais m'attacher au problème de la sélection artificielle ; c'est un domaine de grande importance en élevage et en culture : appliqué à la production animale et végétale, il détermine dans une large mesure le gain ou la perte sur le plan économique.

La sélection montre qu'en élevage par exemple et sauf très rares exceptions, les caractères économiques importants suivent une hérédité quantitative et non qualitative. On doit surtout tenir compte du cas de l'effet polymère des gènes suivant lequel plusieurs gènes situés en différents endroits influencent le même caractère. Ensuite, on devra également admettre un effet pleiotropique suivant lequel un seul gène influence plusieurs caractères : ceci implique que différents caractères présentent entre eux une corrélation génétique.

Il faut tenir compte de cette possibilité en matière de sélection car, en cas de pleiotropie, la sélection d'un caractère déterminé peut pro-

(1) Paru dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, n° 3-4, pp. 33-49 (1960).

voquer un déplacement d'autres caractères dans le sens positif ou négatif. Les conditions peuvent être analogues en culture des plantes.

Nous donnerons donc ci-après un aperçu concis du problème de la sélection artificielle suivant des caractères quantitatifs sans pour autant développer de démonstration.

2. — La genèse des caractères

Toute empreinte des caractères sur les individus provient de l'effet conjugué du génotype et du milieu. Si l'on définit une valeur génotypique hypothétique des caractères, on peut saisir pour les caractères individuels leur niveau génétiquement conditionné et la modification de ce niveau due au milieu, et les fixer pour les populations à l'aide de paramètres déterminés. Le modèle habituel pour la genèse des caractères correspond à la formule (1).

$$P_{ij} = \mu + ge_i + u_{ij} \qquad \text{ou bien} \qquad P_{ij} = Ge_i + u_{ij} \tag{1}$$

P_{ij} représente l'empreinte phénotypique des caractères qui est basée sur le génotype hypothétique Ge_i. Le symbole u_{ij} exprime la modification des caractères due au milieu. Si le génotype et le milieu agissent indépendamment l'un de l'autre, en d'autres termes si l'effet du milieu et l'effet du génotype ne sont pas en corrélation, la relation des variances est telle qu'elle se présente dans la formule (2).

$$\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_U^2 \tag{2}$$

La variance des caractères phénotypiques, en d'autres termes la variance des caractères observés σ_P^2 est égale à la somme de la variance génétique et de la variance du milieu. Nous ne considérerons pas ici les cas de corrélation entre le génotype et le milieu (Le Roy, 1960[b]). Des interactions possibles entre le génotype et le milieu peuvent se présenter, mais elles ne seront mentionnées ultérieurement que sommairement.

Dans un travail très intéressant, Kempthorne (1954) a montré que la variance génétiquement conditionnée σ_G^2 peut être subdivisée, dans une population croisée au hasard, en différentes composantes orthogonales de la variance. Ces résultats constituent un complément précieux au travail de Fisher (1918). La subdivision de la variance génétiquement conditionnée est basée sur les effets possibles des gènes. On distingue l'effet additif des gènes (hérédité intermédiaire), l'effet dominant (interaction intra-allèle des gènes) et l'effet épistatique (interaction inter-allèle). Par raison de simplicité, nous nous proposons en outre d'admettre qu'aucun effet épistatique des gènes ne se manifeste.

La subdivision de la variance génétiquement conditionnée, résultant

de ces conditions simplifiées, conduit à l'expression de la formule (3).

$$\sigma_G^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 \qquad (3)$$

σ_A^2 représente la variance qui résultera de l'effet additif des gènes et σ_D^2 traduit la variance qui est justifiée par l'effet dominant (Le Roy, 1957, 1960[b]).

Parallèlement à la subdivision de la variance génétiquement conditionnée, nous pouvons également subdiviser la variance du milieu. La subdivision orthogonale tient compte néanmoins des conditions données chaque fois par le milieu et, de ce fait, ne peut pas être établie une fois pour toutes. Sur ce point également nous désirons limiter les complications à celles qui sont indispensables aux développements ultérieurs. On admettra que la variance due au milieu peut se partager en deux composantes orthogonales, à savoir la composante de la variance qui peut être expliquée par les influences permanentes du milieu et la composante qui a ses origines dans des effets du milieu temporaires et aléatoires. Cette subdivision très simple s'exprime dans la formule (4).

$$\sigma_U^2 = \sigma_{Up}^2 + \sigma_{Ut}^2 \qquad (4)$$

σ_{Up}^2 représente la variance explicable par des influences permanentes du milieu et σ_{Ut}^2, la variance des influences aléatoires.

Le modèle relatif à la génèse des caractères tel qu'il est présenté dans la formule (1), subit donc une modification qui apparaît dans la formule (5). De même, le rapport des variances symbolisé dans la formule (2) est également transformé tout naturellement en celui de la formule (6).

$$P_{ij} = \mu + \underbrace{ga_i + do_i}_{ge_i} + \underbrace{up_j + ut_{ij}}_{u_{ij}} \qquad (5)$$

$$\text{et } \sigma_P^2 = \underbrace{\sigma_A^2 + \sigma_D^2}_{\sigma_G^2} + \underbrace{\sigma_{Up}^2 + \sigma_{Ut}^2}_{\sigma_U^2} \qquad (6)$$

ga_i et do_i ainsi que up_j et ut_{ij} tiennent compte respectivement de la subdivision orthogonale des composantes ge_i et u_{ij}.

3. — Les effets des gènes et du milieu en tant qu'éléments de corrélation

On peut montrer sur la base de la formule (5) que la corrélation phénotypique, ou encore la covariation entre deux individus pour le même caractère, peut être représentée par l'expression (7) (Le Roy, 1960[a], 1960[b]).

$${}_P\text{Cov}\,(I.I') = {}_G\text{Cov}\,(I.I') + {}_{Up}\text{Cov}\,(I.I') \qquad (7)$$

La covariance phénotypique corespond donc à la somme de la covariation génétiquement conditionnée et de la covariation du milieu (environnement permanent). La formule (7) est une simplification qui n'est admissible que pour autant qu'aucune interaction génotype x milieu ne se présente.

Fisher (1918), Malécot (1948), Kempthorne (1954) et d'autres auteurs ont pu montrer que la covariation génétiquement conditionnée entre deux individus pour la même empreinte de caractères, dans une population croisée au hasard, représente une fonction des composantes individuelles σ^2_A et σ^2_D. A l'exclusion de l'effet épistatique des gènes, les covariations génétiquement conditionnées exprimées en (8) peuvent être établies pour les jumeaux univitellins (JUV), les frères et sœurs utérins (FSU) et les demi-frères et sœurs (DFS).

$$
\begin{aligned}
{}_G\mathrm{Cov}\ (\mathrm{JUV}) &= \sigma^2_A + \sigma^2_D = \sigma^2_G \\
{}_G\mathrm{Cov}\ (\mathrm{FSU}) &= \frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D \qquad (8) \\
{}_G\mathrm{Cov}\ (\mathrm{DFS}) &= \frac{1}{4}\sigma^2_A
\end{aligned}
$$

Des jumeaux univitellins possèdent des génotypes identiques. La concordance génétique relative aux effets des gènes est de ce fait entière. Les frères et sœurs utérins ne s'accordent que pour 50 % des effets additifs des gènes et pour 25 % des effets dominants ; les demi-frères et sœurs ne manifestent en fin de compte que 25 % des effets additifs identiques des gènes. La règle dit que les individus sont en corrélation dans les limites de la variance conditionnée par des effets semblables pour autant que, évidemment, les covariations mentionnées en (8) puissent être établies.

Pour des manifestations analogues des caractères, la covariance du milieu entre individus a son origine dans des influences du milieu permanentes, c'est-à-dire agissant identiquement sur les individus. Aucun effet de corrélation conforme à la nature de ces influences ne résulte des effets aléatoires du milieu. Si des individus sont exposés aux mêmes influences permanentes du milieu up, il en résulte une similitude accrue dans la manifestation des caractères comparativement à des individus qui ne sont pas soumis aux mêmes influences permanentes du milieu. Dans le tableau I sont reproduites les covariances possibles en ce cas.

La covariance phénotypique est toujours supérieure dans le cas 2 à celle du cas 1, la différence étant la composante $\sigma^2_{U_p}$ qui caractérise les influences permanentes du milieu et les exprime numériquement.

TABLEAU I

La covariance phénotypique pour divers degrés de parenté et diverses manifestations de groupes concernant le milieu permanent.

Degré de parenté	*Cas* 1 Individus soumis à des influences inégales du milieu	*Cas* 2 Individus soumis aux mêmes influences du milieu
JUV	$_{p}Cov\,(JUV) = \sigma^2_G$	$_{p}Cov\,(JUV) = \sigma^2_G + \sigma^2_{Up}$
FSU	$_{p}Cov\,(FSU) = \frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D$	$_{p}Cov\,(FSU) = \frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D + \sigma^2_{Up}$
DFS	$_{p}Cov\,(DFS) = \frac{1}{4}\sigma^2_A$	$_{p}Cov\,(DFS) = \frac{1}{4}\sigma^2_A + \sigma^2_{Up}$

4. — Appréciation critique des effets des gènes et du milieu à l'aide de l'analyse de la variance

Il suffit que nous nous limitions ici à l'analyse hiérarchique de la variance. On peut montrer que pour une hiérarchie à deux étages les valeurs attendues des carrés moyens E(CM) doivent être interprétées comme on l'indique dans le tableau II (LE ROY 1960a, 1960b) Les composantes des variances σ^2_1, σ^2_2 et σ^2_3 données dans la littérature sont des combinaisons linéaires de covariances exactement définies. Ces covariances, telles que nous les avons présentées, peuvent toutefois être interprétées en termes de génétique des populations. Les interprétations conformes des covariances K(1), K(2) et K(3) mentionnées dans le tableau II, découlent de la structure du matériel, à

TABLEAU II

L'analyse hiérarchique de la variance à deux étages

Source de variation	dl	CM	E(CM)
Entre les groupes A	a-1	CM(A)	$[\sigma^2_x - K(1)] + c[K(1) - K(2)] + bc\underbrace{[K(2) - K(3)]}_{\sigma^2_1}$
Entre les groupes B dans les groupes A	a(b-1)	CM(B)	$[\sigma^2_x - K(1)] + c\underbrace{[K(1) - K(2)]}_{\sigma^2_2}$
Résidu . . .	ab(c-1)	CM(R)	$\underbrace{[\sigma^2_x - K(1)]}_{\sigma^2_3}$

savoir le degré de parenté des individus, et des conditions données par la nature.

Si par exemple les groupes A caractérisent des descendants de a individus mâles différents, les groupes B caractérisent des familles de frères et sœurs utérins, c'est-à-dire des descendants de mêmes parents ; ainsi, la structure peut être représentée pour ce matériel par le schéma (9).

Groupement de parents	δ_1				δ_2				.....	δ_a			
	$♀_{11}$	$♀_{12}$	...	$♀_{1b}$	$♀_{21}$	$♀_{22}$	...	$♀_{2b}$	.....	$♀_{a1}$	$♀_{a2}$	...	$♀_{ab}$
Production de descendants	X_{111}	X_{121}	...	X_{1b1}	X_{211}	X_{221}	...	X_{2b1}		X_{a11}	X_{a21}	...	X_{ab1}
	X_{112}	X_{122}	...	X_{1b2}	X_{212}	X_{222}	...	X_{2b2}		X_{a12}	X_{a22}	...	X_{ab2}
	..	..	...	..	..	..	...	..		..	..	...	..
	X_{11c}	X_{12c}	...	X_{1bc}	X_{21c}	X_{22c}	...	X_{2bc}		X_{a1c}	X_{a2c}	...	X_{abc}
Groupe B	B_{11}	B_{12}	...	B_{1b}	B_{21}	B_{22}	...	B_{2b}	.....	B_{a1}	B_{a2}	...	B_{ab}
Groupe A	A_1				A_2				.....	A_a			

Dans le cas présent, X_{ijk} se rapporte à un phénotype déterminé et σ^2_X se rapporte donc à la variance phénotypique σ^2_P pour le caractère correspondant. Le symbole K(1) caractérise la covariance entre frères et sœurs utérins. K(2) la covariance entre demi-frères et sœurs du côté paternel et K(3) la covariance entre individus non apparentés. Dans le cas le plus simple, tel que nous l'avons choisi, les relations données en (10) sont valables :

$$\sigma^2_X = \sigma^2_P = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_{Up} + \sigma^2_{Ut},$$

$$K(1) = \frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D + \sigma^2_{Up}, \quad \text{pour autant qu'il existe des inégalités permanentes du milieu entre les groupes B, ce que l'on a dû admettre ici.}$$

$$K(2) = \frac{1}{4}\sigma^2_A \text{ et } K(3) = 0. \qquad (10)$$

On peut donc interpréter les composantes des variances σ^2_1 à σ^2_3 qui se trouvent dans l'analyse de la variance (Tableau II), comme ceci ressort des schémas présentés en (11).

$$\sigma^2_3 = CM(R) = \sigma^2_P - K(1) = \frac{1}{2}\sigma^2_A + \frac{3}{4}\sigma^2_D + \sigma_{Ut},$$

$$\sigma^2_2 = [CM(B) - CM(R)]/c - K(1) - K(2) = \frac{1}{4}\sigma^2_A + \frac{1}{4}\sigma^2_D + \sigma^2_{Up} \qquad (11)$$

$$\sigma_1^2 = [CM(A) - CM(B)]/bc = K(2) - K(3) = \frac{1}{4}\,\sigma_A^2$$

ou encore $4\sigma_1^2 = \sigma_A^2$ et $\sigma_P^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2$.

Dès lors, il ressort de considérations relatives à la génétique de populations que pour la sélection artificielle, le quotient de la variance σ_A^2 sur σ_P^2, à savoir héritabilité au sens étroit du mot, est de la plus haute importance. La définition de l'héritabilité au sens étroit du mot, par ailleurs désignée sous le seul vocable d'héritabilité, peut être formulée par la relation (12).

$$h^2_{s.e.} = \frac{\text{variance due aux effets additifs des gènes}}{\text{variance phénotypique totale}} = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} \qquad (12)$$

On peut montrer que $h^2_{c.s.}$, soit l'héritabilité, correspond aux coefficients de régression qui entrent dans l'équation de la régression quand il faut circonscrire, à partir du phénotype d'un individu, la valeur d'élevage de ce dernier ; ceci est exprimé dans la formule (13).

$$\hat{G}_i = \bar{G} + h^2\,(P_i - \bar{P})$$

ou encore, dans le cas le plus favorable : (13)

$$\hat{G}_i = \mu + h^2\,(P_i - \mu), \text{ où } \mu = \bar{G} = \bar{P}$$

L'utilisation de l'analyse de la variance permet donc de caractériser numériquement les composantes des effets dus au génotype et au milieu. D'après la structure du matériel de l'analyse, on peut isoler certaines composantes de variation et en estimer la valeur numérique ; à partir de là, on acquiert une information précieuse en ce qui concerne la genèse des caractères qui peut elle-même être de nouveau utilisée avec fruit en élevage comme nous le verrons encore. L'élevage n'est possible que s'il existe certaines différences génétiques des caractères entre les individus, c'est-à-dire s'il se présente une variance génétiquement conditionnée. Si, en élevage, on croise de bons animaux de production, ce système de croisement ne conduit à un succès que si l'héritabilité définie en (12) est différente de zéro. Si, par contre, on doit par exemple tenir compte d'une grande partie des effets non additifs des gènes, ainsi par exemple de l'interaction intra- ou interallèle, on atteindra des résultats plus larges dans la voie de l'élevage combiné ou sélection appelée « réciproque récurrente » ou « récurrente » (Le Roy 1960b). Nous ne nous occuperons dans la suite que du cas où l'héritabilité au sens étroit est différente de zéro.

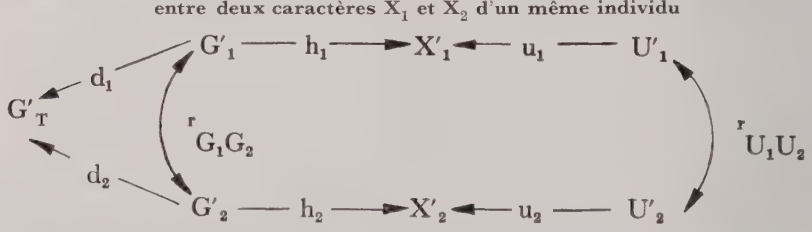
5. — La sélection artificielle

Le but de la sélection artificielle est d'augmenter le niveau de production génétiquement conditionné d'une population. Nous examinons ci-après la sélection basée simultanément sur deux caractères.

Les caractères 1 et 2 qui correspondent donc aux productions d'un individu i, sont symbolisés par X_{i1} et X_{i2}, ou encore simplement par X_1 et X_2. Les supports héréditaires qui sont responsables des manifestations de ces caractères seront symbolisés par G_1 et G_2. Il est dès lors possible que certains gènes influencent aussi bien X_1 et X_2 ; en d'autres termes, G_1 et G_2 présentent entre eux une corrélation certaine. A l'aide de la méthode des coefficients de direction développée par S. Wright, ces relations d'essence génétique ou encore biologique peuvent être représentées par un diagramme correspondant des coefficients. Le diagramme valable ici est donné dans la figure 1.

FIGURE I

Diagramme des coefficients de direction pour les relations données par la nature entre deux caractères X_1 et X_2 d'un même individu



Flèche simple ⟶ : coefficients de direction (path coefficients).

Flèche double ⟷ : corrélations.

$$X' = \frac{X_1 - \overline{X}_1}{\sigma_{X_1}} \text{ etc. (valeurs standardisées).}$$

h_1 et h_2 sont les racines carrées des héritabilités correspondantes ($h_1^2 = \sigma_{A1}^2 / \sigma_{P1}^2$ et $h_2^2 = \sigma_{A2}^2 / \sigma_{P2}^2$). U_1 et U_2 se rapportent à l'effet du milieu. G_1 et G_2 à l'effet dû aux gènes. Les flèches doubles caractérisent soit la corrélation entre les deux aptitudes héréditaires, soit la corrélation entre les effets du milieu. G_T exprime la valeur d'élevage combiné sur la base de G_1 et G_2, d'où G_T répond à la formule (14) (HAZEL, 1943).

$$\boxed{G'_T = d_1 \cdot G'_1 + d_2 \cdot G'_2} \qquad (14)$$

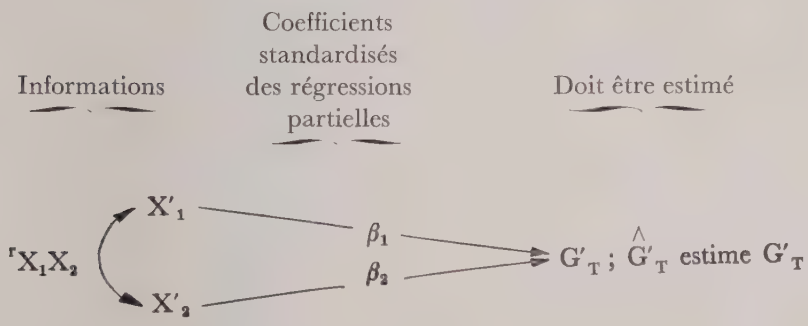
Les relation décrites en (15) pour d_1 et d_2 découlent de la méthode des coefficients de direction.

$$d_1 = a_1 \frac{\sigma_{G_1}}{\sigma_{G_T}} \text{ et } d_2 = a_2 \frac{\sigma_{G_2}}{\sigma_{G_T}} . \qquad (15)$$

a_1 et a_3 caractérisent l'importance économique des deux caractères.

Les relations statistiques pures peuvent être représentées dans la figure II grâce au diagramme des coefficients de direction où l'on montre en quoi consistent les informations et ce qui doit être estimé à l'aide de ces formations.

FIGURE II. — **Diagrammes des informations.**



où $\hat{G}'_T = \beta_1 X'_1 + \beta_2 X'_2$ ou bien

$$\frac{\hat{G}_T - \bar{G}_T}{\sigma_{G_T}} = \beta_1 \left(\frac{X_1 - \bar{X}_1}{\sigma_{X_1}}\right) + \beta_2 \left(\frac{X_2 - \bar{X}_2}{\sigma_{X_2}}\right) \text{ et}$$

$$\hat{G}_T - \bar{G}_T = \beta_1 (X_1 - \bar{X}_1)\ \sigma_{G_T} / \sigma_{X_1} + \beta_2 (X_2 - \bar{X}_2)\ \sigma_{G_T} / \sigma_{X_2}$$

$$= b_1 (X_1 - \bar{X}_1) + b_2 (X_2 - X_2)$$

L'interprétation de la figure II est la suivante : G_T doit être estimé à partir des valeurs X_1 et X_2. Les poids, c'est-à-dire les coefficients des régressions partielles pour X_1 et X_2 sont recherchés. La condition est que l'index I, tel qu'il est noté en (16), doit être en corrélation maximum avec G_T .

$$\boxed{I = \hat{G}_T - [\bar{G}_T + b_1\bar{X}_1 + b_2\bar{X}_2] = b_1X_1 + b_2X_2} \qquad (16)$$

où $r_{I.G_T} \rightarrow$ maximum.

Sur la base des représentations des figures I et II, on peut établir le système d'équations (17) en appliquant les règles de la méthode de coefficients de direction.

$$\begin{aligned} \beta_1 \quad &+ \beta_2 \cdot r_{X_1X_2} = h_1 (d_1 + d_2 \cdot r_{G_1G_2}) = r_{X_1G_T} \\ \beta_1 \cdot r_{X_1X_2} &+ \beta_2 \quad = h^2 (d_1 \cdot r_{G_1G_2} + d_2) = r_{X_2G_T} \end{aligned} \tag{17}$$

Le système (17) peut être transformé algébriquement en le système (18) (Le Roy 1955, 1960b).

$$\begin{aligned} b_1P_{11} + b_2P_{12} &= a_1G_{11} + a_2G_{12} \\ b_1P_{21} + b_2P_{22} &= a_1G_{21} + a_2G_{22} \end{aligned} \tag{18}$$

où $P_{11} = \sigma^2_{X_1}$, $P_{22} = \sigma^2_{X_2}$, $P_{12} = P_{21} = \mathrm{Cov}(X_1 . X_2)$,

$G_{11} = \sigma^2_{G_1}$, $G_{22} = \sigma^2_{G_2}$ et $G_{12} = G_{21} = \mathrm{Cov}(G_1 \cdot G_2)$.

Si nous utilisons la représentation matricielle, le système d'équations (18) est écrit très simplement comme on le note ci-après en (19) et (20).

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} \\ G_{21} & G_{22} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \quad \text{ou encore } Pb = Ga \tag{19}$$

et

$$\boxed{b = P^{-1} Ga} \tag{20}$$

La corrélation entre l'index I et la valeur vraie d'élevage G_T peut être trouvée sur la base de la formule (21).

$$\boxed{r_{I.G_T} = \sqrt{\beta_1 \cdot r_{X_1G_T} + \beta_2 \cdot r_{X_2G_T}} = \sqrt{\frac{\sigma^2_I}{\sigma^2_{G_T}}} = \sqrt{\frac{b' Pb}{a' Ga}} = \sqrt{\frac{b' Ga}{a' Ga}}} \tag{21}$$

Le résultat que l'on peut attendre de la sélection sur la base de l'index I, c'est-à-dire le décalage que l'on peut atteindre dans la valeur d'élevage moyenne de la population exprimée en valeurs argent, est donné par la relation (22).

$$\boxed{\Delta G_{T \text{ en valeurs argent}} = \Sigma_j a_j \cdot \Delta G_j} \tag{22}$$

a_j correspond à l'importance économique du caractère j exprimée en valeurs argent et ΔG_j correspond au résultat de la sélection que l'on peut obtenir sur les ensembles de caractères. ΔG_1 et ΔG_2 doivent être calculés à l'aide des formules (23) et (24) (Le Roy 1960b).

$$\Delta G_1 = i[b_1 G_{11} + b_2 G_{12}] / \sqrt{b' G a} \qquad (23)$$

$$\Delta G_2 = i[b_1 G_{21} + b_2 G_{22}] / \sqrt{b' G a} \qquad (24)$$

i correspond à une grandeur spécifique de la population qui représente une fonction du pourcentage d'augmentation (Le Roy 1954, 1960b).

Les estimations de P_{11}, P_{12}, P_{22} G_{11} etc... peuvent être recherchées en se basant sur l'analyse de la variance et de la covariance, comme on le note symboliquement dans le tableau III. L'analyse correspond à celle du tableau II mais ici néanmoins deux caractères sont pris en considération, et il faut par conséquent calculer l'analyse de la covariance en même temps. Il ne faut pas s'étendre davantage sur le tableau III. Il est seulement important de savoir comment on en extrait les valeurs P_{11} etc...

Tableau III

Analyse de la variance-covariance pour les caractères X_1 et X_2.

Source de variation	Caractère X_1	Caractère X_2	Caractères X_1 et X_2
	$E[CM(X_1)]$	$E[CM(X_2)]$	$E[PM(X_1.X_2)]$
Groupes A	$\sigma^2_{3.1} + c.\sigma^2_{2.1} + bc.\sigma^2_{1.1}$	$\sigma^2_{3.2} + c.\sigma^2_{2.2} + bc.\sigma^2_{1.2}$	$\sigma_{3.12} + c.\sigma_{2.12} + bc.\sigma_{1.12}$
Groupes B dans les groupes A	$\sigma^2_{3.1} + c.\sigma^2_{2.1}$	$\sigma^2_{3.2} + c.\sigma^2_{2.2}$	$\sigma_{3.12} + c.\sigma_{2.12}$
Résidu	$\sigma^2_{3.1}$	$\sigma^2_{3.2}$	$\sigma_{3.12}$

Les variances et covariances phénotypiques et génotypiques doivent être déterminées à l'aide des formules notées en (25).

$$P_{11} = \sigma^2_{1.1} + \sigma^2_{2.1} + \sigma^2_{3.1}\,,\quad P_{22} = \sigma^2_{1.2} + \sigma^2_{2.2} + \sigma^2_{3.2}\,,$$
$$P_{12} = \sigma_{1.12} + \sigma_{2.12} + \sigma_{3.12}\,,\quad G_{11} = 4.\sigma^2_{1.1}\,, \qquad (25)$$
$$G_{22} = 4.\sigma^2_{1.2} \text{ et } G_{12} = 4.\sigma_{1.12}\,.$$

Pour mieux comprendre les relations établies, il convient de donner un exemple numérique. Les fondements en ont été empruntés au travail de Pirchner (1959).

1) Il s'agit du problème suivant :

Dans l'élevage des vaches, on poursuit une sélection artificielle basée sur la production de lait et la teneur en matières grasses du lait. Dès

lors, comment doit-on juger un individu particulier pour qu'il en résulte, au cours des générations, un succès financier maximum de l'élevage ? Les notations et les données nécessaires peuvent être reprises sous forme résumée en (26).

X_1 = Production de lait, en unités de 10 Kg ; $\overline{X}_1 = 300$

X_2 = Teneur du lait en matières grasses en unités de 0,01 % ; $\overline{X}_2 = 390$

a_1 = Prix de 10 Kg de lait avec 3,9 % de matières grasses = 18,3 öS (schilling autrichien) (26)

a_2 = Une augmentation de 0,01 % de matières grasses par production annuelle de 3.000 Kg apporte une plus-value de 8,85 öS

$i = 0{,}175$; 80 % des vaches les meilleures vont à l'élevage

$P_{11} = 3.004{,}25 \quad P_{12} = -\ 51{,}81 \quad P_{22} = 554{,}57$

$G_{11} = 1.608{,}04 \quad G_{12} = -\ 138{,}64 \quad G_{22} = 186{,}00.$

A partir des données notées en (26), on peut déjà calculer différents paramètres :

1) Corrélation phénotypique entre les deux caractères
$$r_{X_1X_2} = P_{12} / \sqrt{P_{11} \cdot P_{22}} = -\ 0{,}04$$

2) Corrélation génétique entre les deux caractères
$$r_{G_1G_2} = G_{12} / \sqrt{G_{11} \cdot G_{22}} = -\ 0{,}25$$

3) Héritabilité de la capacité de production laitière
$$h_1^2 = G_{11}/P_{11} = 0{,}54$$

4) Héritabilité du pourcentage de matières grasses du lait
$$h_2^2 = G_{22}/P_{22} = 0{,}34$$

Les coefficients recherchés des régressions partielles découlent du système (27).

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.004{,}25 & -51{,}81 \\ -\ 51{,}81 & 554{,}57 \end{bmatrix} - 1 \begin{bmatrix} 1.608{,}04 & -\ 138{,}64 \\ -138{,}64 & 186{,}00 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 18{,}30 \\ 8{,}85 \end{bmatrix} \quad (27)$$

La résolution du système d'équations (27) donne une valeur de b_1 de 9,375 et une valeur de b_2 de — 0,731. L'index revêt par conséquent la forme de l'équation (28).

$$I = 9{,}4\ X_1 - 0{,}7\ X_2 \quad (28)$$

ou encore, en termes d'unités originales, de l'équation de sélection (29).

I = (0,94) Kg de lait — (70) pourcents de matières grasses du lait. (29)

La corrélation entre l'index et la valeur vraie d'élevage vaut

$$r_{I.G_T} = \sqrt{\frac{b'Ga}{a'Ga}} = \sqrt{\frac{65.027,9}{508.177,6}} = \sqrt{0,52} = 0,72 \qquad (30)$$

Les résultats de sélection que l'on peut obtenir dans les unités des caractères valent [d'après les formules (23) et (24)], pour G_1 :

$$\Delta G_1 = (0,175)[(9,375)(1.608,04)+(-0,731)(-138,64)]/\sqrt{265.027,9} = 5,16 \text{ (10 Kg)} = 51,6 \text{ Kg de lait} \qquad (31)$$

pour G_2 :

$$\Delta G_2 = (0,175)\ [(9,375)\ (-138,64) + (-0,731)\ (186,00)]/\sqrt{265.027,9} = -0,49\ (0,01\ \%) = -0,005\ \%\ \text{de graisse du lait.} \qquad (32)$$

Le résultat financier global de la sélection, s'élève à

$$a_1.\Delta G_1 + a_2.\ \Delta G_2 = 18,30\ (5,16) + 8,85\ (-0,49) = 90,1\ \text{öS} \qquad (33)$$

2) Mais qu'adviendrait-il si l'on sélectionnait uniquement sur la base de X_1 ? L'index correspond alors à la relation $I' = X_1$.

On peut trouver le résultat de la sélection sur G_1 à l'aide de la relation (34) ; il s'élève à 51,3 Kg de lait. Lorsque X_1 et X_2 sont en corrélation génétique, il faut s'attendre à un décalage en X_2 ainsi qu'en G_2 du fait de la sélection sur X_1. Ce décalage est à déterminer à partir de la formule (35) ; il vaut — 0,004 % de matières grasses du lait

$$\boxed{\Delta G_1 = i.G_{11} / \sqrt{P_{11}}} = 5,13\ (10\ \text{Kg}) = 51,3\ \text{Kg de lait} \qquad (34)$$

$$\boxed{\Delta G_2 = G_{12}.\Delta G_1 / G_{11}} = -0,44\ (0,01\ \%) = -0,004\ \%\ \text{de graisse du lait.} \qquad (35)$$

Le résultat financier global de la sélection, calculé à partir de la formule (33), est de 90,0 öS pour le cas présent.

3) Si d'autre part la sélection ne porte que sur la matière grasse en %, c'est-à-dire si l'on utilise l'index $I'' = X_2$, on obtient alors les valeurs suivantes :

a) le résultat de la sélection sur G_2 est de

$$\boxed{\Delta G_2 = i.G_{22} / \sqrt{P_{22}}} = 0,014\ \% \qquad (36)$$

b) le décalage en G_1 s'élève à

$$\boxed{\Delta G_1 = G_{12}.\Delta G_2 / G_{22}} = -10,3\ \text{Kg de lait} \qquad (37)$$

c) le résultat global de la sélection est de —6,6 öS (38)

La conclusion de ceci est du point de vue pratique que, sur le plan économique, la sélection basée uniquement sur la production laitière n'est pas fondamentalement moins avantageuse que la sélection basée sur la production aitière et la teneur en graisse.

En pratique, il peut cependant être important que la teneur en matières grasses du lait ne diminue pas. Les index calculés I et I′ conduisent toutefois à une diminution de la teneur en graisse. On peut donc se demander quels sont les poids qu'il convient d'attribuer aux deux caractères pour que, par exemple, la teneur en graisse reste inchangée et que la production en lait augmente au cours du temps.

Les nouvelles valeurs de b, que l'on notera b*, diovent remplir les deux conditions suivantes :

a) Les corrélations entre l'index et la vraie valeur d'élevage doivent être rendues maximum.

b) ΔG_2 doit être égal à zéro.

Kempthorne (1959) a montré dans un très intéressant travail comment on doit déterminer la valeur b*. La formule est donnée en (39).

$$b^* = [I - P^{-1}\ GC(C'GP^{-1}CG)^{-1}\ C'G]\ P^{-1}Ga \qquad (39)$$

Il n'est pas possible de pénétrer ici plus avant dans ces relations très complexes. L'analyse relative à l'exemple que nous avons sous les yeux, a été exécutée : il en est résulté les valeurs siuvantes (Le Roy, 1960[b]) :

$$b_1^* = 8{,}5 \quad \text{et} \quad b_2^* = 6{,}3 \qquad (40)$$

Le résultat financier de la sélection s'élève valablement à 84,6 öS. Les résultats obtenus pour les quatre index sont réunis dans le tableau IV.

Tableau IV

Coefficients de régression et résultats de la sélection pour les quatre index.

Index	ΔG_1 en Kg de lait	ΔG_2 en pourcent de mat. grasses	ΔG_T en öS
$I' = X_1$	51,3	—0,004	+90,0
$I'' = X_2$	—10,3	+0,014	— 6,6
$I = 9{,}4X_1 - 0{,}7X_2$	+51,6	—0,005	+90,1
$I^* = 8{,}5X_1 + 6{,}3X$	+46,2	0	+84,6

Les résultats qui sont réunis dans le tableau IV constituent une base de discussion de très grande valeur pour juger les progrès pratiques en élevage. On doit absolument mentionner le fait que les relations et

les résultats calculés sont continuellement contrôlés numériquement par de nouvelles recherches et doivent être modifiés en conséquence. Il n'est pas souhaitable que des valeurs une fois calculées soient ensuite utilisées telles quelles pendant une longue période. Les recherches relatives à la génétique des populations doivent de plus, selon leur nature, pouvoir reposer sur des bases largement et solidement établies. L'analyse pratique conduit en outre à de nombreuses complications qu'il n'est pas possible de mentionner ici. Si cependant l'établissement des bases est déjà planifié correctement, de nombreuses difficultés tombent tout simplement ou peuvent alors être considérablement réduites. Les éleveurs eux-mêmes devront dans ce but s'accomoder de certains impératifs et certaines habitudes traditionnelles devront être abandonnées.

L'une des grosses difficultés qui peut se présenter est celle de l'interaction génotype x milieu, c'est-à-dire l'action réciproque de l'effet des gènes et du milieu. Ces manifestations de l'interaction peuvent cependant être largement neutralisées grâce à la planification de la recherche de sorte que l'analyse génétique de la population peut livrer malgré tout une information précieuse. Les recherches doivent être conduites non pas schématiquement mais avec détermination et réflexion ; il faut tenir compte pleinement des conditions imposées par la nature.

En génétique des populations, les valeurs numériques des expériences et recherches reposent en général sur certaines hypothèses établies antérieurement, comme par exemple l'effet purement additif des gènes, l'absence d'interaction génotype x milieu, etc... Cela implique un certain risque car le résultat n'est valable que dans le cas où l'on a pris comme base l'hypothèse correcte ce qui, dans la recherche considérée, ne peut être nullement vérifié. Mais de plus, étant donné également que les opérations de calcul sont généralement de longue haleine, on oublie facilement les hypothèses faites de sorte que les conclusions sont alors généralisées de manière inadmissible. La formulation claire des hypothèses sous forme d'un modèle est nécessaire pour le choix des méthodes statistiques correctes. Inversément, la conclusion d'une recherche statistique n'est valable que pour l'hypothèse de départ. De nombreuses contradictions dans la valeur des résultats expérimentaux découlent du fait que les analyses ont été effectuées à partir d'hypothèses différentes. La méthodologie peut être irréprochable dans tous les cas et les résultats peuvent tous être « exacts » ; mais n'a raison que celui qui a choisi l'hypothèse pertinente. Dans les cas discutés ici, l'hypothèse pertinente n'est cependant pas trouvée à l'aide de considérations statistiques, mais bien à l'aide de considérations génétiques.

BIBLIOGRAPHIE

Fisher, R. A. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. *Trans. Roy. oc., Edinb.*, **52**, 399-433, 1918.

Hazel, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics*, **28**, 476-490, 1943.

Kempthorne, O. The correlation between relatives in a random mating population. *Proc. Roy. Soc.* (B), **143**, 103-113, 1954.

Kempthorne, O. and Nordskog, A. W. Restricted selection indices. *Biometrics*, **15**, 10-19, 1958.

Le Roy, H. L. Der Selektionsindex, ein Hilfsmittel für die künstliche Selektion. *Prom.* Nr. 2.505 (ETH, Zürich), 1955.

Le Roy, H. L. Genetisch bedingte Variation und genetisch bedingte Korrelation zwischen Individuen in einer zufällig gepaarten Population. *Arch. J. Kl. Stiftung*, **32**, 453-464, 1957.

Le Roy, H. L. Grundlage und Anwendungsmöglichkeiten der Methode des Pfadkoeffizienten. *Biom. Z.*, **1**, 30-43, 1959.

Le Roy, H. L. The interpretation of calculated heritability coefficients with regard to gene and environmental effects as well as to genotype-environment interactions. *Biometrical Genetics*, 107-116 (Pergamon Press, London), 1960a.

Le Roy, H. L. Statistische Methoden der Populationsgenetik, ein Grundriss für Genetiker, Agronomen und Biomathematiker. *Birkhäuser Basel-Stuttgart*, 1960 b.

Malecot, G. Les mathématiques de l'hérédité. Ed. Masson et Cie, Paris, 1948.

Pirchner, F. Statistisch-genetische Untersuchungen an alpinem Braunvieh. *Z. Tierz. Z'biol.*, **73**, 129-150, 1959.

Une bibliographie plus étendue se trouve dans Le Roy, 1960b.

Résumé.

Dans le présent travail, nous avons exposé brièvement la théorie de la sélection artificielle suivant des caractères quantitatifs.

A partir de l'hypothèse au sujet de la manifestation des caractères, qui est traduite par une combinaison linéaire des effets génétiques et d'environnement, on a analysé les rapports de variation dans une population, la variance génétique et la variance due aux effets d'environnement qui sont subdivisés en composantes orthogonales. Cette subdivision orthogonale permet le calcul précis des effets de corrélation génétique et de corrélation due à l'effet d'environnement pour des caractères analogues de divers individus dans une population échantillonnée au hasard. A partir de conditions imposées par la nature et de considérations statistiques, nous avons montré également comment calculer l'index de sélection optimal dans le cas où nous sélectionnons par exemple sur la base de deux caractères. Ces opérations peuvent être généralisées. Enfin, la théorie est illustrée par un exemple numérique pratique, quatre indices différents de sélection sont calculés et le résultat sélectif correspondant est déterminé.

Artificial selection based on quantitative characteristics

SUMMARY.

In this paper we have briefly summarized the theoretical basis of artificial selection according to quantitative characteristics. Starting from the hypothesis on the building up of characteristics, which is featured by a linear combination of genetical and environmental effects, the variation relationships inside a population have been analysed, whereby the genetically and environmentally determined variances were further subdivided in orthogonal variance components. This orthogonal subdivision allows the accurate calculation of the genetical correlation effects and of the correlations due to the environment for analogous characteristics of several individuals in a randomly paired population. Based on conditions imposed by nature and on statistical considerations, it was shown how to calculate the optimum selection index e.g. in the case of selecting simultaneously for two characteristics. These operations can be generalized. Finally, the theory is illustrated by a practical numerical exemple, four different selection indexes are calculated and the corresponding selective result is determined.

Die Künstliche selektion nach quantitativen merkmalen.

ZUSAMMENFASSUNG.

In der vorliegenden Arbeit wird in kurzen Zügen die Theorie der künstlichen Selektion nach quantitativen Merkmalen dargestellt. Ausgehend von der Hypothese über die Merkmalsbildung, die durch eine lineare Kombination der Gen- und Umweltwirkungen Charakterisiert wird, werden die Variationsverhältnisse in einer Population analysiert, wobei sowohl die genetisch wie auch die umweltbedingte Varianzen in weitere, orthogonale Varianzkomponenten zerlegt werden. Diese orthogonale Unterteilung erlaubt die genaue Ermittlung der genetisch und umweltbedingten Korrelationseffekte für analoge Merkmale an verschiedenen Individuen in einer zufällig gepaarten Population. Auf Grund naturgegebener Voraussetzungen und statistischer Überlegungen wird weiter gezeigt, wie die optimale Selektionsgleichung (Selektionsindex) zu ermitteln ist, wenn z.B. nach zwei Merkmalen simultan selektioniert werden soll. Die Ausführungen können verallgemeinert werden. Abschliessend wird anhand eines praktischen Beispieles die Theorie numerisch illustriert und es werden vier verschiedene Selektionsindices berechnet und die zugehörigen Selektionserfolge (Zuchterfolge) bestimmt.

Die Geschlechtsverteilung bei Cucurbita Hybriden und ihre Beziehung zu einer Ansteckungsverteilung von Neyman[1]

von F. Weiling
Institut für Landw. Botanik, Bonn (Allemagne Occidentale)

In der Pflanzenzüchtung stellen wir oft fest, dass einer wirtschaftlich wertvollen Art eine erwünschte Eigenschaft fehlt, die bei einer nahe verwandten, wirtschaftlich weniger wertvollen Art vorhanden ist. Bei dem Bemühen, die gewünschte Eigenschaft zu erwerben, bieten sich zwei Möglichkeiten an : einmal die Übertragung der Eigenschaft auf dem Wege einer Artkreuzung, sodann die Gewinnung mit Hilfe künstlich induzierter Mutationen. Während die Mutationsgenetik noch recht jungen Datums ist und eigentlich noch in den Anfangsstadien ihrer Entwicklung steht, wurden die ersten künstlichen Artkreuzungen bereits in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts von Kölreuter (1761) durchgeführt. Heute stellt die Artbastardierung ein oft benutztes Verfahren in der modernen Pflanzenzüchtung und Züchtungsforschung dar.

Fertilität und Ausprägung des Geschlechtes bei Artbastarden, insbesondere bei Cucurbita-Hybriden

Die meisten Bastardierungsversuche zwischen zwei systematisch verschiedenen Arten sind durch eine geringe, in manchen Fällen sogar fehlende Fertilität der Kreuzungsprodukte gekennzeichnet. Die dadurch bedingte Sterilität lässt sich nicht eindeutig definieren. Sie ist in ihren Erscheinungsformen ebenso komplex wie die Artbarriere, als deren Manifestation sie angesehen werden kann. Kreuzt man zwei systematisch verschiedene Arten, und führt diese Kreuzung zum Fruchtansatz, so sind wohl in den meisten Fällen die erzielten Samen und deren Embryonen schlecht entwickelt und unter normalen Bedingungen nicht keimfähig. Gelangen einzelne Samen dennoch zur Keimung, so zeigt sich in der Regel die Reifeteilung derartig gestört, dass keine oder nur wenige lebens- und funktionsfähige Geschlechtszellen ausgebildet werden. Oft sind ausserdem die die Geschlechtsprodukte enthaltenden Blütenorgane verkümmert oder unterdrückt. Dabei sind die beiden Geschlechter in zahlreichen Fällen recht verschieden benach-

(1) Paru en français dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, n° 3-4, pp. 51-64 (1960).

teiligt. Bei zwittrigen Pflanzen bilden nach Artbastardierung die Staubgefässe oft keinen Pollen aus oder sie sind verkümmert, während der Fruchtknoten in seiner Funktion zwar beeinträchtigt, diese jedoch nicht aufgehoben ist. Sehr auffällig ist dieses Verhalten bei monözischen Pflanzen, z. B. den Kürbisarten. Bei diesen ist das Geschlecht auf verschiedene Blüten der gleichen Pflanze verteilt, so dass wir männliche und weibliche Blüten unterscheiden. Hier sind in manchen Fällen die männlichen Blüten gänzlich unterdrückt.

Im Verlauf mehrjähriger Versuche mit kultivierten Kürbisarten, bei denen die Bastardierungsfähigkeit sowie die Übertragbarkeit eines Merkmales geprüft wurden (WEILING 1955, 1956), fanden wir bei bestimmten Artkombinationen sämtliche, bei andern die Mehrzahl der männlichen Blüten in der ersten Bastardgeneration unterdrückt. Im Folgenden seien die Verhältnisse bei Artbastarden zwischen *Cucurbita maxima* Duch. (Riesenkürbis) und *C. pepo* L. (Feldkürbis) zugrunde gelegt. Es handelt sich um die in Europa am meisten verbreiteten Arten, die im Rahmen dieser Versuche erstmalig erfolgreich gekreuzt wurden. Die Blüten stehen hier, wie bei den übrigen Kürbisarten, einzeln in den Blattachseln. Die männlichen Blüten sind lang -, die mit ihrem grossen Fruchtknoten sogleich in die Augen fallenden weiblichen Blüten kurzgestielt (Abb. 1). Die weiblichen Blüten treten in regelmässigen Abständen an den Sprosspitzen auf. Da sie sich erheblich schneller entwickeln und zur Blüte gelangen als die männlichen Blütenanlagen gleichen Alters, werden sie nicht von dem breiten Laubdach verdeckt, das die männlichen Blüten mit ihren langen Stielen zu durchstossen vermögen. Zahlenmässig treten die weiblichen Blüten gegenüber den männlichen sehr zurück. Im allgemeinen machen sie etwa 5 % der Gesamtblütenzahl aus.

Die beiden Arten *C. maxima* und *C. pepo* lassen sich relativ leicht miteinander kreuzen, sofern *C. maxima* als Mutter fungiert. Etwa 40 % der bestäubten Blüten zeigen Fruchtansatz. Jedoch sind die Samen durchweg so schlecht entwickelt, dass die Anzucht nur gelingt, wenn die Embryonen auf künstlichem Nährboden unter Verwendung von Zusatzlicht und Zusatzwärme kultiviert werden (Abb. 2). Dennoch bleibt die Zahl der auf diese Weise erzielten Pflanzen gering. Diese entwickeln sich normal, gelegentlich sogar üppiger als die Ausgangsarten (*Heterosis*). Sie lassen sich weder selbsten noch miteinander, sondern nur mit *C. maxima*, also der Art, die bei der Ausgangskreuzung als Mutter gedient hat, erfolgreich kreuzen. Auch in der zweiten Bastardgeneration ist die Anzahl der auf diese Weise erzielten Pflanzen sehr gering. In der Regel lassen sich diese wiederum nur mit *C. maxima* rückkreuzen. Diese Schilderungen seien zur Charakterisierung unseres Pflanzenmaterials voraufgeschickt. Sie mögen zugleich die Gründe für

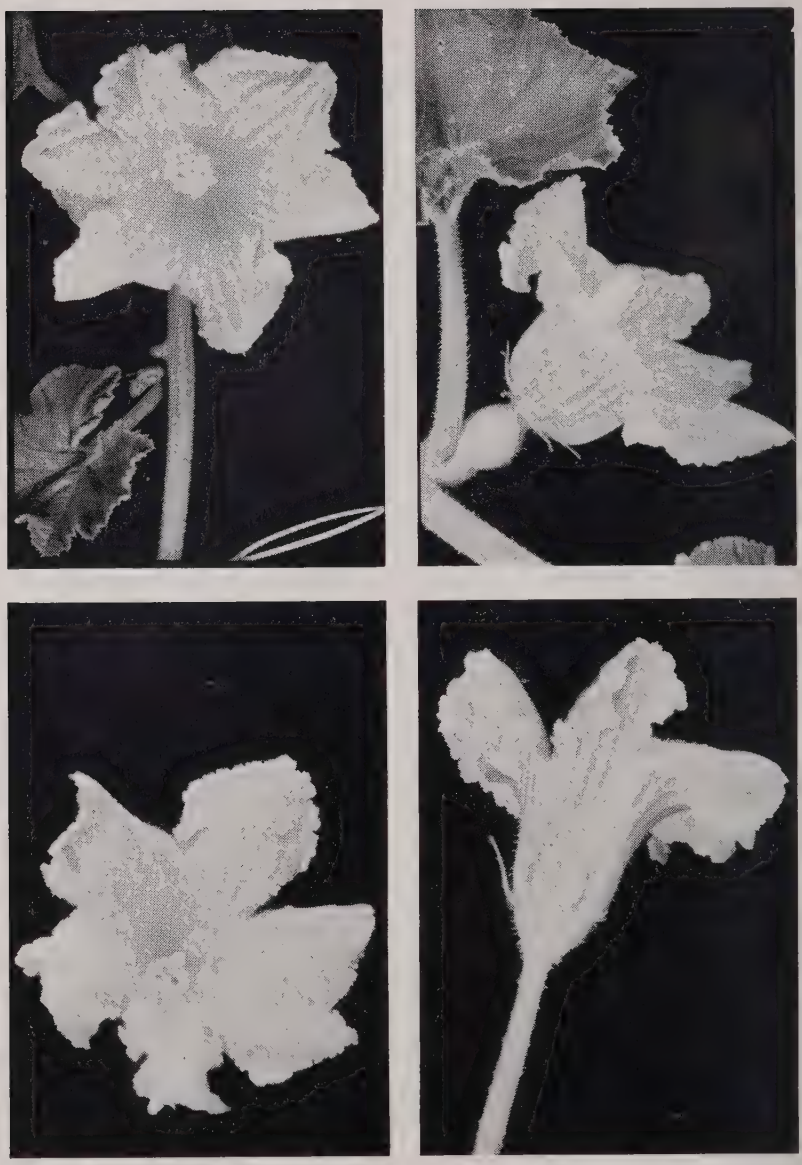


Abb. 1. — *Cucurbita maxima.*
Oben weibliche, unten männliche Blüten, links in Aufsicht, rechts in Seitenansicht.

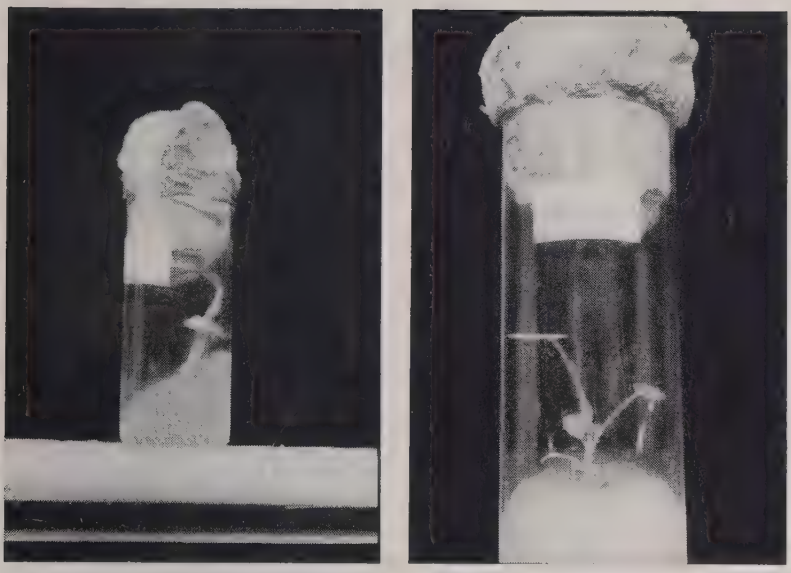


Abb. 2. — Anzucht der *Cucurbita*-Hybriden auf künstlichem Nährboden.
a) junger, kräftig sich entwickelnder Keim (Vergr. ca 1 :1),
b) nur schwach sich entwickelnde Jungpflanze (Vergr. 1 :1).

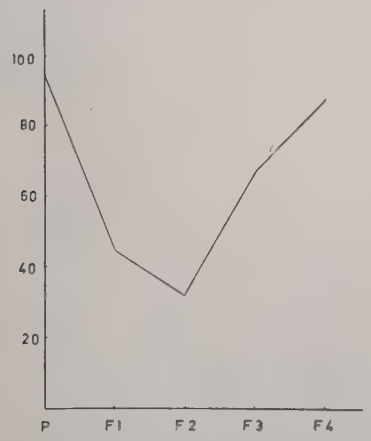


Abb. 3. — Anzahl der männlichen Blüten an der Gesamtblütenzahl im Verlauf der ersten vier Bastardgenerationen.
Die F_2, F_3 und F_4 wurden durch Rückkreuzung mit *C. maxima* gewonnen.

den geringen Umfang des vorliegenden Pflanzenmaterials verständlich machen.

Die Verteilung der männlichen und weiblichen Blüten wurde bei den ersten vier aufeinander folgenden Bastardgenerationen (F_2, F_3 und F_4 aus Rückkreuzungen mit *C. maxima* stammend) studiert. Dazu wurden während der Hauptblütezeit ungefähr einen Monat lang sämtliche Blüten ausgezählt. Es ergab sich, dass der Anteil der männlichen Blüten an der Gesamtblütenzahl je Pflanze, der bei den Ausgangsarten mit verhältnismässig geringer Streuung bei etwa 95 % liegt, in der ersten Bastardgeneration auf 45 %, in der zweiten auf 32 % abfiel, um in der dritten auf 67 % sowie in der vierten Generation auf 88 % wieder anzusteigen (Abb. 3). Das Minimum wird somit nicht, wie erwartet werden könnte, in der F_1, sondern erst in der F_2 erreicht. Auch ist die Verteilung selbst in der zweiten Bastardgeneration von besonderer Art. Während in den übrigen Generationen z. T. Poisson-Verteilungen, in einem Falle eine Mischung aus einer Poisson- und Bernoulli-Verteilung, mithin Zufallsverteilungen auftreten (Weiling in Vorbereitung), zeigt die Verteilung in der F_2 Überdispersion der Varianz und Übereinstimmung mit einer Ansteckungsverteilung von Neyman. Diese Feststellung erscheint von besonderer Bedeutung, da bisher nur wenige Fälle bekannt sind, in denen ein biologisches Geschehen diesem Verteilungstyp folgt. Daher sei diese Verteilung und ihre Entstehungsweise kurz beschrieben, bevor wir die beobachteten Zahlenwerte mit den auf Grund des Verteilungsgesetzes sich ergebenden Erwartungswerten vergleichen. Auf Grund der Übereinstimmung der Beobachtungs- und Erwartungswerte ergibt sich eine Möglichkeit, den Ursachen näher zu kommen, durch die die Verteilung der männlichen Blüten möglicherweise bestimmt wird.

Die Neyman-Verteilung

Neyman geht bei der Ableitung von der Verteilung junger Insektenlarven auf einem Versuchsfeld aus. Er nimmt an, dass die Larven aus zufällig auf dem Versuchsfeld verteilten Eigelegen stammen. Nach dem Schlüpfen bewegen sich die Tiere auf der Futtersuche eine gewisse, nicht grosse Strecke vom Gelege fort. Während dieser Zeit wird ein Teil der Larven getötet oder stirbt ab, so dass angenommen werden kann, dass die Anzahl der je Gelege überlebenden Larven einer Poisson-Verteilung folgt. Bedingt durch die geringe Fortbewegungsgeschwindigkeit der Tiere, wird die Wahrscheinlichkeit, in einer bestimmten Teilparzelle mehrere Tiere des gleichen Geleges anzutreffen, gross sein. Dieses Gelege mag sich in der gleichen Teil-

parzelle befunden haben ; es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass Larven festgestellt werden, die aus Gelegen ausserhalb dieser Parzelle stammen. Ferner wird angenommen, dass die Tiere keine sozialen Instinkte besitzen, eine dadurch bedingte Häufung an bestimmten Stellen somit ausgeschlossen ist. Damit folgt die beobachtete Verteilung nicht ausschliesslich dem Zufall. Sie ist vielmehr durch eine, auf die Herkunft der Tiere aus Gelegen beruhende Häufungs- bzw. Gruppenbildung charakterisiert. Nehmen wir an, auf einer Versuchsfläche, die die Grösse M haben möge, befinden sich N Gelege (vgl. Beall 1940). Die durchschnittliche Anzahl der Gelege je Flächeneinheit beträgt dann

$$\alpha = \frac{N}{M} . \tag{1}$$

Ist Σ X die Gesamtzahl aller Larven, so ergibt sich

$$\beta = \frac{\Sigma X}{N} \tag{2}$$

als durchschnittliche Anzahl der aus einem Gelege stammenden Larven. Die durchschnittliche Anzahl der Larven je Flächeneinheit beträgt somit

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{M} = \frac{\Sigma X}{N} \cdot \frac{N}{M} = \beta \alpha. \tag{3}$$

Die Tatsache, dass nur ein Teil der auf einer Flächeneinheit ermittelten Tiere aus Gelegen dieser Flächeneinheit, alle diese Tiere vielmehr aus einem grösseren Areal γ stammen, wird mittels Erweiterung von (3) durch γ berücksichtigt :

$$\overline{X} = \alpha \gamma \frac{\beta}{\gamma} . \tag{4}$$

Um den verschiedenen möglichen Verhältnissen gerecht zu werden, hat Neyman auf dieser Basis mehrere Verteilungen entwickelt, die als Typ A, B und C unterschieden werden. Beall und Rescia (1953) haben diese Verteilungen als Sonderfälle eines allgemeinen Verteilungstypus erkannt, der als die Verallgemeinerung der Ansteckungsverteilungen von Neyman bezeichnet wird. Alle diese Verteilungen besitzen zwei Parameter (m_1 und m_2). Für den Typ A hat Neyman ausserdem eine Form mit drei Parametern entwickelt.

Wir betrachten den Typ A mit zwei Parametern. Für diese ergibt sich folgende Beziehung :

$$\overline{X} = \alpha\gamma \frac{\beta}{\gamma} = m_1 m_2 \tag{5}$$

wobei $m_1 = \alpha\ \gamma$

und $m_2 = \dfrac{\beta}{\gamma}$

ist. Die Varianz beträgt :

$$s^2 = m_1 m_2\ (1 + m_2). \qquad (6)$$

Aus (5) und (6) ergeben sich die Bestimmungsgleichungen für die Parameter m_1 und m_2. Es ist

$$m_1 = \frac{\bar{X}}{m_2}$$

$$m_2 = \frac{s^2 - \bar{X}}{\bar{X}}\ .$$

Die charakteristische Funktion der NEYMAN-Verteilung lautet für diesen Fall A :

$$\varphi_A\ (t) = \exp\ \{ -m_1 \}\ \exp\ \{ m_1 \sum_{s=0}^{\infty} \frac{m_2^s (e^{it}-1)^s}{s\ !} \} \qquad (7)$$

Zum Vergleich seien die Parameter und die charakteristische Funktion der Verallgemeinerung der NEYMAN-Verteilung angegeben. Es ist :

$$\bar{X} = \frac{m_1 m_2}{n+1} \qquad \text{bzw. } m_1 = (n+1)\ \frac{\bar{X}}{m_2}$$

$$s = \frac{m_1 m_2}{n+1}\ (1 + \frac{2m_2}{n+2}) \text{ bzw. } m_2 = (n+2)\ \frac{s^2 - \bar{X}}{2\ \bar{X}}$$

und

$$\varphi(t) = \exp\ \{ -m_1 \}\ \exp\ \{ m_1\ \Gamma(n+1) \sum_{s=0}^{\infty} \frac{m_2^s (e^{it}-1)^s}{\Gamma(n+s+1)} \} \qquad (8)$$

In diesen Gleichungen stellt n eine positive reellezahl dar. Für n = 0 ergibt sich die NEYMAN-Verteilung Typ A, für n = 1. bzw. n = 2 ergeben sich die Verteilungen B bzw. C.

Die Verteilung des Anteiles der männlichen Blüten in der F_2 (« C. max. » / « C. pepo ») / « C. max. » als Neyman-Verteilung

Auf Grund dieser Beziehungen und mit Hilfe geeigneter Rekursionsformeln (BEALL und RESCIA 1953) ergeben sich für die beobachtete Verteilung der männlichen Blüten in unserer F_2-Generation folgende Erwartungswerte :

Tabelle I

F_2 («Cucurbita maxima» × «C. pepo») × C. «maxima».
Anteil der männlichen Blüten an der Gesamtblütenzahl je Einzelpflanze.

Männl. Blüten in %	Beobachtet	Erwartet: Neyman- u. verallgem. Neyman-Verteilung n = 0 A	n = 1 B	n = 2 C	n = 3	n = 5	n = ∞
0	9	7,8	7,6	7,5	7,5	7,4	7,2
0-10	5	7,7	8,0	8,1	8,2	8,2	8,4
10-20	8	7,5	7,5	7,5	7,	7,6	7,7
20-30	9	6,1	6,1	6,0	6,0	6,0	6,1
30-40	3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3
40-50	1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9
50-60	3	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
60-70	2	0,8	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
70-80	—	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7
80-90+	1	1,1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Σ	41	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0	41,0
χ^2		4,606	4,939	5,082	5,143	5,108	5,221
P		0,20	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16

Die Gegenüberstellung der beobachteten Daten und der Erwartungswerte zeigt, dass sowohl Typ A wie die verallgemeinerte Neyman-Verteilung mit unserer Blütenverteilung verträglich ist. Die beste Übereinstimmung mit dem vorliegenden Zahlenmaterial zeigt Typ A.

Nunmehr ist die Frage zu stellen, welche Gesichtspunkte sich auf Grund dieser Übereinstimmung zur Erklärung unserer Verteilung ergeben. Offensichtlich ist die Verteilung der männlichen Blüten in der F_2 nicht zufällig, sondern durch eine gewisse Gruppenbildung charakterisiert. Damit sich die Verhältnisse des Neyman-Modells auf unsere Verteilung übertragen lassen, sind die Grössen α, β und γ zu erklären. Dies gelingt für α und β, nicht jedoch für γ. α kann als durchschnittliche Anzahl irgendwelcher Häufungen männlicher Blüten je Pflanze, β als durchschnittliche Anzahl der Blüten je Häufung aufgefasst werden. Es ist jedoch nicht denkbar, dass zu unsern Einheiten, den Pflanzen, Blüten von aussen hinzutreten, wie es nötig wäre, um die Grösse γ zu erklären. Aus dieser Schwierigkeit können wir uns jedoch befreien, wenn wir annehmen, dass γ in unserm Falle gleich 1 ist. Damit ergibt sich eine erhebliche Vereinfachung des Neyman-Modells, indem das Gebiet γ, aus dem die Blüten einer Untersuchungseinheit stammen, mit dieser Untersuchungseinheit, in unserm Falle einer Einzelpflanze, übereinstimmt. Es wäre nun vorteilhaft, wenn wir die Grösse γ auf Grund unseres Zahlenmaterials schätzen können. Beall (1940) gibt dazu eine

Möglichkeit an. Jedoch ist unser Versuchsmaterial nicht gross genug, um diese Methode lohnend anzuwenden. Indessen gibt es andere Gesichtspunkte, die dafür sprechen, dass diese Ausdeutung berechtigt ist. Es ist nämlich zu berücksichtigen, dass die männlichen Blüten bei den Artbastarden in der gleichen Weise angelegt werden, wie dies bei den Ausgangsarten der Fall ist. Jedoch verkümmern diese Anlagen im Gegensatz zu den weiblichen Blütenanlagen durchweg in einem bestimmten frühen Stadium der Entwicklung und sterben ab. Es ist nun durchaus vorstellbar, dass unter dem Einfluss vorläufig unbekannter innerer und äusserer Faktoren von Zeit zu Zeit, und zwar Poisson-verteilt, Bedingungen gegeben sind, die dafür sorgen, dass die jeweils entwicklungsreifen Blütenanlagen nicht verkümmern,sondern sich weiterentwickeln. Da stets eine gewisse Anzahl derartiger Anlagen vorhanden sein wird, ist damit das Häufungsprinzip ohne weiteres erklärt. Bei der starken genetischen Verschiedenheit, die die Artbastarde der gleichen Nachkommenschaft aufweisen, ist es durchaus verständlich, dass die Gegebenheiten, die zur Weiterentwicklung von Blütenanlagen führen und die hier offensichtlich nicht sehr häufig vorliegen, von Pflanze zu Pflanze variieren. Es besteht somit keine Schwierigkeit für die Annahme, dass diese Gegebenheiten einer Poisson-Verteilung folgen. Die durchschnittliche Anzahl der Blütenhäufungen je Pflanze sowie die durchschnittliche Anzahl der männlichen Blüten je Häufung sind nach den obigen Ausführungen gleich m_1 bzw. m_2. Da jedoch mehrere Verteilungstypen mit der beobachteten Verteilung verträglich sind und die Parameter m_1 und m_2 für diese zum Teil merkliche Unterschiede aufeisen, ist eine eindeutige Aussage über die Grösse dieser Faktoren nicht möglich.

Die Neyman-Verteilung als überlagerte Poisson-Verteilung.

Unser Befund verlangt eine weitere Betrachtung, ausgehend vom Begriff der Ansteckungsverteilung. Dieser Begriff ist vornehmlich mit dem Namen Polya verknüpft und wohl erstmalig von Eggenberger und Polya (192) verwendet worden. Eggenberger und Polya untersuchten die Verteilung stochastisch abhängiger Ereignisse, wobei das Auftreten eines Ereignisses die Wahrscheinlichkeit erhöht (oder vermindert), dass weitere Ereignisse gleicher Art eintreten. Die Verteilung von Polya-Eggenberger stellt eine überlagerte Verteilung (compound distribution) dar. Das gleiche Verteilungsgesetz fanden, von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend, Greenwood und Yule (1920). Diese betrachteten die Verteilung unabhängiger Ereignisse, wobei die Häufigkeit des Auftretens von Fall zu Fall verschieden ist. Es liegt hier somit eine inhomogene Gesamtheit von Einheiten mit verschiedenen

Parametern vor. LUNDBERG (1940) hat als erster erkannt, dass die Verteilung von POLYA-EGGENBERGER mit der von GREENWOOD und YULE identisch ist. In beiden Fällen wird von Ansteckungsverteilungen gesprochen, wobei man mit FELLER (1943) bei einer Verteilung im Sinne von POLYA-EGGENBERGER von echter Ansteckung (true contagion), bei einer Vert ilung von GREENWOOD und YULE von scheinbarer Ansteckung (apparent contagion) sprechen kann. Zur letzten Gruppe gehören nach FELLER (1943) auch die NEYMAN-Verteilungen, die somit überlagerte POISSON-Verteilungen darstellen. Das Wesen dieser Verteilungen besteht darin, dass der Parameter λ der einfachen POISSON-Verteilung

$$\Psi(k) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k\,!} \tag{9}$$

nicht eine Konstante darstellt, sondern in unserem Falle selbst nach POISSON verteilt ist, d.h. es ist

$$P(k) = \frac{1}{k\,!} \sum e^{-\lambda} \cdot \lambda^k \cdot p(\lambda)\,. \tag{10}$$

Nehmen wir an (FELLER 1943), es sei $\lambda = sm_2$, wobei m_2 eine Konstante darstellt und s die Werte 0, 1, 2... annehmen kann, und es betrage die Wahrscheinlichkeit dafür, dass $\lambda = sm_2$ ist,

$$p(\lambda) = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{e^{-m1}\, m_1^s}{s\,!}\,, \tag{11}$$

so ergibt sich

$$\begin{aligned} P(k) &= \frac{1}{k\,!} \sum_{s=0}^{\infty} e^{-sm_2}\, (sm_2)^k \frac{e^{-m_1}\, m_1^s}{s\,!} \\ &= e^{-m_1} \frac{m_2^k}{k\,!} \sum_{s=0}^{\infty} \frac{s^k (m_1 e^{-m2})^s}{s\,!} \end{aligned} \tag{12}$$

Dies ist die NEYMAN-Verteilung Typ A mit zwei Parametern, da (12) der Gl. (7) gleichwertig ist.

Übertragen wir diese Gedankengänge auf unsere Blütenverteilung, so kann diese gleichfalls als überlagerte POISSON-Verteilung angesehen werden, wobei sich der Verteilungsparameter (λ) von Pflanze zu Pflanze ändert (apparent contagion). Die dadurch bedingte Inhomogenität unseres Pflanzenmaterials beruht nicht etwa darauf, dass unsere Pflanzen von verschiedenen Eltern abstammen ; denn auch jene Pflanzen unserer F_2-Generation, die von gleichen Eltern abstammen zeigen ebenso wie die gesamte F_2 Überdispersion der Streuung und lassen sich daher als NEYMAN-verteilt auffassen (WEILING in Vorbereitung). Es handelt

sich somit um eine Eigenschaft, die die einzelnen Pflanzen unabhängig von ihrer Abstammung aufweisen. Da m_1, wie weiter oben gezeigt, die durchschnittliche Anzahl der Blütenhäufungen je Pflanze, m_2 die durchschnittliche Anzahl der männlichen Blüten je Häufung darstellt, so ergibt sich, dass λ proportional der Zahl der Blüten je Häufung (m_2) und der Parameter der Verteilung von λ gleich der durchschnittlichen Anzahl der Blütenhäufungen je Pflanze (m_1) ist. Jedoch vermögen diese Beziehungen keinen weiteren Aufschluss über das Zustandekommen unserer Verteilung zu geben.

Schluss

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Übereinstimmung der Blütenverteilung in der F_2-Generation unserer Kürbis-Artbastarde mit einer NEYMAN-Verteilung Aufschluss über die Entstehung unserer von der Norm stark abweichenden Blütenverteilung zu geben vermag. Da diese Verteilung davon abhängt, in welchem Ausmass die männlichen Blütenanlagen nicht verkümmern, sondern sich weiterentwickeln, ist anzunehmen, dass diese Weiterentwicklung periodisch bzw. schubweise unter dem Einfluss bestimmter äusserer und innerer Faktoren erfolgt, die für die Blütenbildung von besonderer Bedeutung sind. Die während dieser Perioden entwicklungsreifen Blüten gelangen zur Blüte, die übrigen verkümmern. Die Gründe für die bei den einzelnen Pflanzen zu Tage tretenden Variabilität sind darin zu suchen, dass einmal die Zahl der Blütenanlagen sodann die Warhscheinlichkeit der Blütenentwicklung von Pflanze zu Pflanze verschieden sind. Dies ist offensichtlich in der F_1 sowie in den späteren Generationen (F_3 und F_4) nicht der Fall. Bei diesen schwankt zwar die Blütenverteilung ebenfalls von Pflanze zu Pflanze. Jedoch folgt sie, soweit nicht Mischverteilungen aus verschiedenen Genotypen vorliegen, bei gleicher Wahrscheinlichkeit der Blütenbildung einer Zufallsverteilung.

Die NEYMAN-Verteilung hat mit dem vorliegenden Fall ein weiteres Beispiel ihrer Anwendbarkeit auf dem botanischen Sektor gefunden. Das erste Beispiel stammt von NEYMAN selbst, der nachweist, dass die von STUDENT (1907) beobachtete Verteilung von Hefezellen im Haemacytometer eine bessere Übereinstimmung mit dem Verteilungstyp A mit 2 Parametern statt mit einer POISSON-Verteilung aufweist. NEYMAN glaubt beobachtet zu haben, dass die Hefezellen bei der Ablagerung im Haemacytometer von den bereits am Boden liegenden Zellen angezogen werden, so dass es auf diese Weise zu einer Gruppenbildung kommt.

Ein weiteres Beispiel der Anwendbarkeit stammt von ARCHIBALD (1948) aus dem Bereich der Pflanzensoziologie. Bei 4 Strandpflanzen- und 2 Grasland gesellschaften folgte weniger als die Hälfte aller Pflan-

zen einer Zufallsverteilung, während die übrigen z.T. recht gute Übereinstimmung mit einer NEYMAN-Verteilung Typ A zeigten. Auch hier beruht die Übereinstimmung darauf, dass diese Pflanzen Neigung zu Gruppenbildungen zeigen, wobei diese Eigenschaft nicht auf die vegetativ sich vermehrenden Pflanzen beschränkt war. Weitere Beispiele sind mir bislang nicht bekannt geworden. Indessen muss mit einer gewissen Häufigkeit des Vorkommens gerechnet werden, wenn man bedenkt, dass die POISSON-Verteilung den Spezialfall einer NEYMAN-Verteilung darstellt. Somit mögen meine Ausführungen zugleich als Anregung dienen, diesem Verteilungstyp in der Natur gewisse Aufmerksamkeit zu schenken.

BIBLIOGRAPHIE

ARCHIBALD E. E. A. Plant populations. I. A new application of NEYMAN's contagious distribution. *Ann. Bot. N. S.*, **12**, 221-235, 1948.

BEALL, G. The fit and significance of contagious distributions when applied to observations on larval insects. *Ecology*, **21**, 460-474, 1940.

BEALL, G. and RESCIA, R. R. A generalisation of NEYMAN's contagious distributions. *Biometrics*, **9**, 354-386, 1953.

CONSAEL, R. Sur les processus de Poisson du type composé. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (*Classe des Sciences*), 5e série, XXXVIII, 442-461, 1952.

CONSAEL, R. Sur la théorie mathématique des populations selon J. Neyman et E. L. Scott. *Bulletin de l'Académie royale de Belgique* (*Classe des Sciences*), 5e série, XLV, 845-858, 1959.

EGGENBERGER, F. und POLYA, G. Über die Statistik verketteter Vorgänge. *Zeitschr. f. Angew. Mathematik u. Mechanik.*, **1**, 279-289, 1923.

FELLER, W. On a general class of « contagious » distributions. *The Annales of Math. Statistics*, **14**, 389-400, 1943.

GREENWOOD, M. and YULE, G. U. An inquiry into the nature of frequency distribution representative of multiple happenings with particular reference to the occurrence of multiple attacks of disease or of repeated accidents. *J. Roy. Stat. Soc.*, **83**, 255-279, 1920.

KÖLREUTER, J. G. Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen. Dazu Fortsetz., **1-3**, Leipzig 1761-1766.

LUNDBERG, O. On random processes and their application to sickness and accident statistics. Thesis Univ. of Stockholm, 1940, zit. nach FELLER, 1943.

NEYMAN, J. On a new class of « contagious » distributions, applicable in Entomology and Bacteriology, *The Annals of Math. Statistics*, 10, 35-57, 1939.

« STUDENT ». On the error of counting with a Haemacytometer. *Biometrika*, 5, 351-364, 1907.

WEILING, F. Über die interspezifische Kreuzbarkeit verschiedener Kürbisarten. *Der Züchter*, **25**, 33-57, 1955.

WEILING, F. Die Übertragung des Merkmals « Weichschaligkeit » vom Ölkürbis (*Cucurbita pepo L.*) in fertile Artbastarde aus der Kreuzung *Cucurbita maxima* Duch. × *Cucurbita pepo L.* (Vorläufige Mitteilung). *Der Züchter*, **26**, 22-25, 1956.

WEILING, F. Die Blütenverteilung bei einem Kürbisartbastard im Verlauf mehrerer auf die Artbastardierung folgender Generationen. In Vorbereitung.

Zusammenfassung.

Bei Cucurbita-Hybriden wird nach Artkreuzung die Ausbildung männlicher Blüten im allgemeinen stark unterdrückt, so dass eine völlige Verschiebung des durch die verschiedengeschlechtlichen Blüten bedingten Geschlechtsverhältnisses zustande kommt. Bei Bastarden *Cucurbita maxima* x *Cucurbita pepo* erreicht diese Verschiebung nach Rückkreuzung mit *C. maxima* in der F_2 ihren Höhepunkt. Die Verteilung der männlichen Blüten, bezogen auf die Gesamtzahl aller Blüten je Einzelpflanze, entspricht in dieser Generation einer Neyman-Verteilung, während sie sich in der F_1, F_3 und F_4 im wesentlichen als zufallsbedingt nachweisen lässt. Es wird die der Neyman-Verteilung zugrunde liegende Modellvorstellung sowie die Tatsache diskutiert, dass die Neyman-Verteilung als überlagerte Poisson-Verteilung aufgefasst werden kann, um damit Anhaltspunkte für das Zustandekommen unserer Blütenverteilung in der F_2 zu gewinnen. Es lässt sich wahrscheinlich machen, dass infolge der starken Hemmung, die hinsichtlich der Ausbildung männlicher Blüten in der F_2 sich zeigt, nur selten, dann jedoch schub- bzw. gruppenweise mehrere Blütenanlagen zur Weiterentwicklung gelangen. Bei den übrigen Bastardgenerationen scheint die Möglichkeit der Weiterentwicklung männlicher Blüten häufiger gegeben, wobei im Durchschnitt nur eine Blütenanlage betroffen ist.

La répartition des sexes chez des cucurbitacées hybrides et leur relation avec une distribution contagieuse de Neyman

Résumé.

Chez les cucurbitacées hybrides, les fleurs mâles subissent en général après croisement une forte régression de sorte qu'il se produit un décalage du rapport des sexes des fleurs. Chez les hybrides *Cucurbita maxima* x *Cucurbita pepo*, ce décalage atteint un maximum après recroisement avec *Cucurbita maxima* en F_2. La distribution des fleurs mâles par rapport au nombre total de fleurs par plante, a dans cette génération l'allure d'une distribution de Neyman, alors que dans les générations F_1, F_3 et F_4, elle se présente comme une distribution aléatoire. Nous allons discuter la distribution de Neyman qui est à la base de notre modèle représentatif ; nous discuterons aussi le fait que la distribution de Neyman peut être considérée comme une distribution composite de Poisson de façon à obtenir des repères quant à l'apparition de la distribution de nos fleurs en F_2. Il est probable qu'à la suite du freinage important qui se manifeste pour les fleurs mâles en F_2, plusieurs fleurs ne viennent que rarement à se développer davantage et dans ce cas, peu à peu ou par groupes. Dans les autres générations hybrides, la possibilité du développement des fleurs mâles semble plus fréquente et il ne s'agit en moyenne que d'une fleur ébauchée.

The relation of sex ratio in Cucurbita-hybrids and the Neyman-infection Distribution

SUMMARY.

It is generally found that the male flowers of Cucurbita-hybrids regress sharply as a result of species-hybridization, producing a shifting of the sex-ratio of the flowers. With the *Cucurbita maxima* x *Cucurbita pepo* hybrids, this displacement reaches a maximum after backcrossing with *Cucurbita maxima* in the F_2. The distribution of the male flowers in relation to the total number of flowers per plant, fits the requirements of a Neyman-distribution in that generation, whilst in the F_1, F_3 and F_4 generations one is faced with an essentially random distribution.

The basic pattern of the Neyman distribution and the fact that it can be considered as a complex POISSON distribution will be discussed and connected with the flower distribution appearing in the F_2.

It is probable that as a result of the strong inhibition of male flowers in the F_2, several flower embryos will only rarely show further development, and in the latter case only by jumps or in groups. In the other hybrid generations the possibility of further development of male flowers appears to be more likely and only one flower embryo is involved on the average.

La puissance du critère F dans l'analyse de la variance de plans en blocs au hasard. Nomogrammes pour le choix du nombre de répétitions [1] [2]

par M. Keuls

Institut Supérieur Agronomique de l'État, Wageningen (Pays-Bas)

1. — Introduction

L'analyse de la variance est utilisée sur une grande échelle dans les recherches agronomiques, pour l'analyse des expériences conduites selon divers plans d'essai. La plupart de ces plans sont disposés en bloc au hasard. Les autres plans sont, dans la plupart des cas, des versions particulières des plans en blocs au hasard. Lors du choix d'un plan d'essai, une des questions les plus importantes est de fixer l'étendue de l'expérience, en d'autres termes le nombre de répétitions. Il est vrai que, dans beaucoup d'expériences, on doit restreindre l'étendue de l'essai pour des raisons d'économie. Aussi, le problème est souvent compliqué, l'expérience faisant partie de toute une série d'essais que l'on veut analyser globalement. Pourtant il apparaît qu'on ne s'occupe pas assez de l'efficacité d'une expérience, soit d'avance pour faire le choix d'un plan rationnel, soit après l'expérience pour compléter une conclusion. Il semble que le système trop compliqué des tables actuellement connues empêche que l'on s'en serve. C'est pourquoi il convient de simplifier et d'étendre partiellement ces tables, relatives aux données d'un plan en blocs au hasard.

2. — L'analyse de la variance

Dans un plan en blocs au hasard, es n traitements que l'on veut comparer sont attribués aux n parcelles d'un bloc (répétition) par tirage au sort.

Les résultats x_{ij} (rendements du traitement i dans le bloc j ; i = 1, 2,... n ; j = 1, 2,... r) peuvent être présentés comme suit (Tableau I) :

(1) Dit artikel geeft de hoofdzaken weer van een gelijktijdig verschijnend Nederlands artikel (1960) van dezelfde auteur.

(2) Paru dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, n° 3-4, pp. 65-80 (1960).

TABLEAU I

	Blocs 1	2	.	.	.	r (j=1,2,...r)
Traitements 1	x_{11}	x_{12}	.	.	.	x_{1r}
2	x_{21}	x_{22}	.	.	.	x_{2r}
.	.	.				.
.	.	.	x_{ij}			.
.	.	.				.
n	x_{n1}	x_{n2}	.	.	.	X_{nr}

L'analyse de la variance est donnée sous la forme bien connue du tableau II.

TABLEAU II

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des Carrés	Variance
Niveau (moyen général)	1	$\Sigma\Sigma\,\bar{x}^2.. = nr\bar{x}^2..$	
Blocs	r - 1	$\Sigma\Sigma(\bar{x}._j - \bar{x}..)^2$	
Traitements	n- 1	$S^1 = \Sigma\Sigma(\bar{x}_i.-\bar{x}..)^2$	$s_1^2 = S_1/(n-1)$
Erreur résiduelle	(n -.1) (r - 1)	$S^2 = \Sigma\Sigma(x_{ij}- \bar{x}_i. - \bar{x}._j - \bar{x}..)^2$	$s_2^2 = S_2/(n-1)(r-1)$
Total	nr	$\Sigma\Sigma x^2_{ij}$	

Le détail des suppositions et des distributions sur lesquelles se fonde l'analyse de la variance est exposé dans KUIPER (1952 et 1959). Mais il convient de remarquer que sous les suppositions conventionnelles, le rapport s_1^2/s_2^2 (s_1^2 = variance « entre traitements », s_2^2 = variance de l'erreur résiduelle) est la réalisation de la variable aléatoire non centrale de Fisher, symbolisée par $\underset{\sim}{F}{}^{a,\gamma}_{b}$:

$$\underline{s}_1^2/\underline{s}_2^2 \backsimeq \underset{\sim}{F}{}^{a,\gamma}_{b} \text{ (1)} \quad \text{où} \quad a = n - 1 \qquad (1)$$

$$b = (n - 1)(r - 1)$$

$$\gamma = \frac{\sqrt{r\Sigma(\mu_i - \mu)^2}}{\sigma}$$

a est le nombre des degrés de liberté de la variance « entre traitements ».

b est le nombre des degrés de liberté de la variance de l'erreur résiduelle,

γ est le degré de non-centralité ou l'excentricité.

(1) La variable aléatoire est soulignée : $\underline{s}$; la réalisation de $\underline{s}$ dans une expérience est notée s. Le symbole $\backsimeq$ indique que les variables aléatoires en question sont distribuées suivant la même loi.

Si $\gamma = 0$, $\underline{F}_b^{a,0}$ est réparti suivant la loi ordinaire de Fisher.

On peut préciser γ comme suit :

$$\gamma = \frac{\sqrt{r}\,A}{\sigma}, \qquad A \quad \sqrt{(\Sigma\mu_i - \bar{\mu})^2} \tag{2}$$

où les μ_i (i = 1, 2,... n) sont les espérances mathématiques des moyennes des traitements.

On observe que γ dépend d'une part de la quantité A repérant le degré de divergence des traitements, et d'autre part de r/σ^2 qui représente la précision des $\underline{x}_i$ estimations de μ_i.

3. — La puissance du critère F

On commence souvent l'analyse des résultats d'une expérience par un test F. L'hypothèse nulle H_o : les espérances μ_i des traitements sont égales, s'écrit

$$H_o : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_n \tag{3}$$

En vertu de l'hypothèse nulle, A = 0 et $\gamma = 0$.

L'hypothèse nulle H_0 est rejetée si la valeur s_1^2/s_2^2 calculée sur a base des résultats de l'expérience appartient à l'intervalle (F_a, ∞) appelé zone critique ; la valeur F_a satisfait à une équation $P(F_b^a > F_a) = a$ où a est appelé seuil de signification.

Le test F conduit à une des deux décisions alternatives suivantes :

$s_1^2/s_2^2 > F_a : D_1$ { les μ_i ne sont pas tous égaux ; l'un des μ_i au moins diffère des autres.

$s_1^2/s_2^2 < F_a : D_0$ { les différences ne sont pas suffisamment évidentes.

On peut remarquer que ces décisions sont assez pauvres. En fait, elles constituent la conclusion la plus maigre qu'on puisse tirer d'une expérience. Tout au moins peut-on exiger d'une expérimentation qu'elle soit assez importante — en d'autres termes, assez puissante — pour faire le choix approprié entre les deux décisions.

Il est apparent que la décision considérée comme fonction de s_1^2/s_2^2 est une décision stochastique : $D = D(\underline{s}_1^2/\underline{s}_2^2)$ qui peut prendre les « valeurs » D_1 ou D_0.

La somme des probabilités des deux décisions est égale à 1. Par conséquent, la décision stochastique que constitue le test F est parfaitement caractérisée par l'une des deux probabilités :

$$P(\underline{D} = D_1) = P(\underline{s}_1^2/\underline{s}_2^2 > F_a) = P(\underline{F}_a^{b,\gamma} > F_a) = \pi(\gamma), \tag{4}$$

$\pi(\gamma)$ étant défini : probabilité de prendre la décision D_1.

Il est apparent que la probabilité π dépend, par l'intermédiaire de γ, des valeurs inconnues μ_i. La fo ction $\pi\ (\gamma)$:

$$\mu_1,\ \mu_2,\ldots\ \mu_n \rightarrow \gamma \rightarrow \pi\ (\gamma)\ (*) \qquad (5)$$

est appelée la puissance du test F. Elle fixe la loi de répartition de la décision D dans les circonstances inconnues caractérisées par γ.

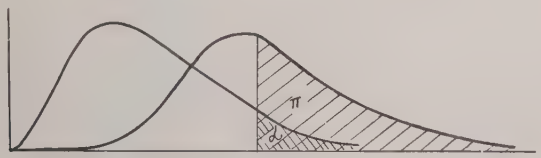
Au cas où $\gamma = 0$, la décision D_1 est incorrecte. En élaborant le plan d'essai, on choisit également la probabilité $\alpha = \pi\ (0)$ de commettre cette « erreur de première espèce ». Au cas où $\gamma > 0$, on désire ne pas manquer la décision D_1, ce qui constituerait une « erreur de deuxième espèce ». Le test est appelé « puissant » si la probabilité $\pi\ (\gamma)$ est grande. La fonction $\pi\ (\gamma)$ est une fonction croissante de γ comme il est intuitivement souhaitable.

GRAPHIQUE I

Distribution de $\underline{F}_b^{a,\gamma}$ dans les deux cas où $\gamma = 0$ ou bien $\gamma = \gamma_o$.

$P\ (\underline{F}_b^a > F_\alpha) = \alpha$ = risque de rejeter H_o à tort.

$P\ (\underline{F}_a^{b,\gamma_o} > F_\alpha) = \pi$ = puissance du test au cas où $\gamma \neq \gamma_o$.



La fonction $\pi\ (\gamma)$ caractérisée par les constantes a, b et α du test, s'écrit $\pi = \pi\ (\gamma \mid a, b, \alpha)$. Quand il s'agit d'une expérience en blocs au hasard (test y compris), on a

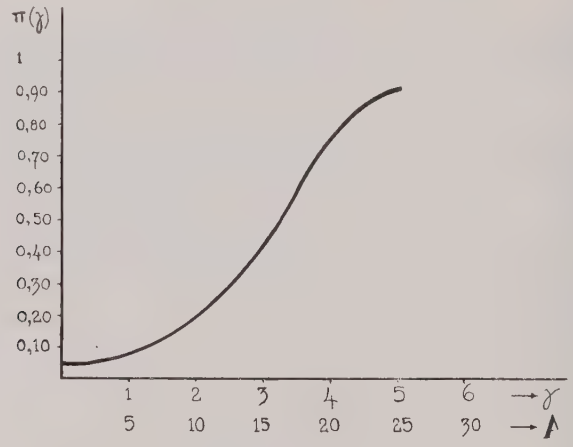
$$\begin{aligned} \pi &= \pi\ (\gamma \mid a, b, \alpha) \\ a &= n - 1 \\ b &= (n - 1)\ (r - 1) \\ \gamma &= \sqrt{r}\ A/\sigma \\ A &= \sqrt{\Sigma\ (\mu_i - \bar{\mu})^2} \end{aligned} \qquad (6)$$

Quand r et σ sont connus, la puissance de l'expérience peut être considérée comme fonction de A. Par exemple, dans le cas où $n = 7$, $r = 4$, $\alpha = 0{,}05$, $\sigma = 10$, c'est-à-dire $a = 6$ et $b = 18$, on peut construire $\pi\ (A)$ comme le montre le graphique II.

(*) $\gamma \rightarrow \pi\ (\gamma)$ signifie : $\pi\ (\gamma)$ est considéré fonction de γ, chaque valeur (positive) de γ détermine une valeur $\pi\ (\gamma)$ de π.

Graphique II

Courbe de la puissance $\pi(\gamma)$ ou $\pi(A)$. étant donnés $\alpha = 0{,}05$, a = n-1 = 6,b = (n-1) (r-1) = 18 et $\sigma = 10$.



En introduisant les constantes du plan d'essai, on a

$$\pi = \pi \left(\frac{\sqrt{r}\,A}{\sigma} / n,\ r,\ \alpha \right)$$

Au lieu de caracériser la puissance de l'expérience par sa courbe $\pi(\gamma)$, on peut choisir une valeur fixée π_o, par exemple $\pi_o = 0{,}90$ et considérer le nombre

$$A\ (\pi_o \setminus r,\ n,\ \alpha,\ \sigma) \qquad (7)$$

La puissance de l'expérience est décrite en ces termes : l'expérience distingue suffisamment ($\pi_o = 0{,}90$) un degré de divergence d'au moins $A\ (\pi_o)$.

Au moment de la planification d'une expérience, on choisit n, r et α ; de plus σ peut être estimé sur la base des expériences antérieures. Ce manque de précision de σ cause également une certaine incertitude sur la puissance de l'expérience, mais pour ce qui suit, σ est considéré comme étant connu.

Les valeurs n, α, σ et π_o étant données, on considère la fonction

$$A\ (r \setminus \pi_o,\ n,\ \alpha,\ \sigma) \qquad (8)$$

dont le nomogramme est dessiné dans les graphiques III et IV. On choisit le degré de divergence A_o qu'on ne veut pas manquer de détecter (avec une probabilité π_o). Ensuite, grâce au nomogramme, on trouve directement r qui représente le nombre de blocs ou répétitions contenant les traitements disposés au hasard.

Dans les paragraphes suivants, nous discuterons les nomogrammes, le choix de A (en particulier, le substitut W) et quelques formules. Nous ferons d'abord une remarque sur le choix de σ : dans la plupart des cas, on n'a qu'une information assez vague à propos de σ. Cependant, dans le cas particulier où l'on dispose d'une estimation s de σ avec ν degrés de liberté – provenant d'une expérience antérieure dont σ est identique au σ considéré — une estimation raisonnable de σ^2 est $\frac{s^2}{c}$, où c est défini par les relations suivantes :

$$P(\chi^2_\nu > \chi^2_{\nu,\gamma}) = \gamma$$
$$c\nu = \chi^2_{\nu,\gamma} \qquad (9)$$

La certitude impliquée dans ce choix est exprimée comme suit : la fraction γ environ d'une série de tels choix donne une valeur plus grande que le σ réel, et de ce fait un choix de r plus grand que la valeur exigée. Choisissons par exemple $\gamma = 0{,}70$: la valeur de $c\nu$ est lue dans une table de χ^2 (Fisher-Yates, 1957).

4. — Tables et nomogrammes de la puissance du critère F d'un essai en blocs au hasard

Il découle de ce qui précède qu'un nomogramme de la fonction A (r / a, π, n, σ) résume l'information désirée. Les nomogrammes des graphiques III et IV donnent les courbes A/σ (r) pour $\alpha = 0{,}05$; 0,10 ; $\pi = 0{,}90$; 0,50 ; n = 2, 3, 5, 10, 20 ; un nomogramme additionnel convertit A en A/σ, σ étant donné.

Plusieurs auteurs ont construit des tables et des graphiques ; ceux de Pearson et Hartley (1951) sont des plus détaillés. Ces auteurs donnent la courbe π (φ), où $\varphi = \gamma / \sqrt{a + 1} = \sqrt{r}\, A/\sigma \sqrt{n}$. Il est clair que la quantité φ n'est pas pratique dans le cas spécial que nous discutons. De même, les courbes a (b \ α, π, φ) de Fox (1956) concernent la variable φ.

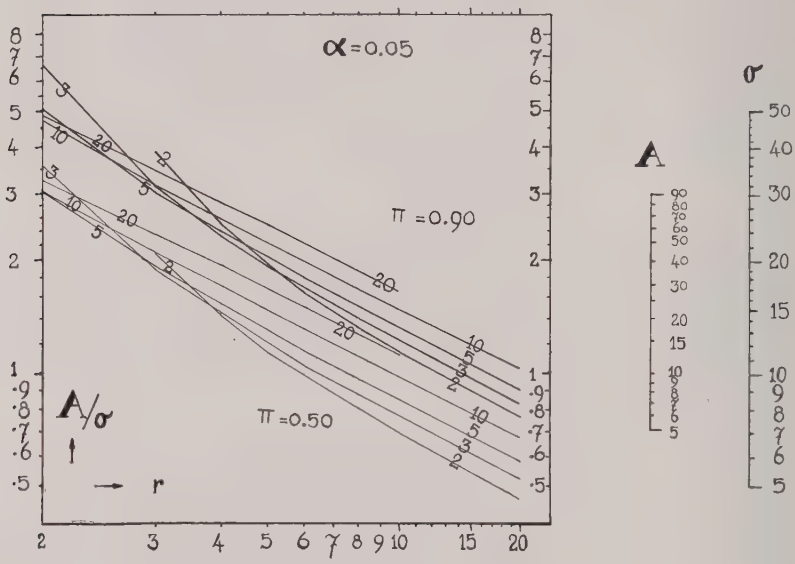
Toutes les tables connues sont établies pour des seuils de signification $\alpha = 0{,}05$ et $\alpha = 0{,}01$. Etant donné qu'en général, dans les recherches agricoles, les expériences sont inévitablement de puissance assez petite, il n'est pas raisonnable de rejeter, à cause d'un seuil de signification α aussi minime que 0,01, le peu d'effet significatif qui se manifeste. C'est pourquoi les valeurs $\alpha = 0{,}10$ et $\alpha = 0{,}05$ ont été retenues.

Quoique les nomogrammes III et IV ont été construits pour le cas spécial du plan en blocs ou hasard, on a observé que la puissance d'un, *F*- test arbitraire se fait estimer facilement. En ce cas on prend *n*, r, A/σ comme les fonctions suivantes de *a*, *b*, γ :

$$n = a + 1,\ r = b/a + 1,\ A/\sigma = \gamma/\sqrt{r} \qquad (10)$$

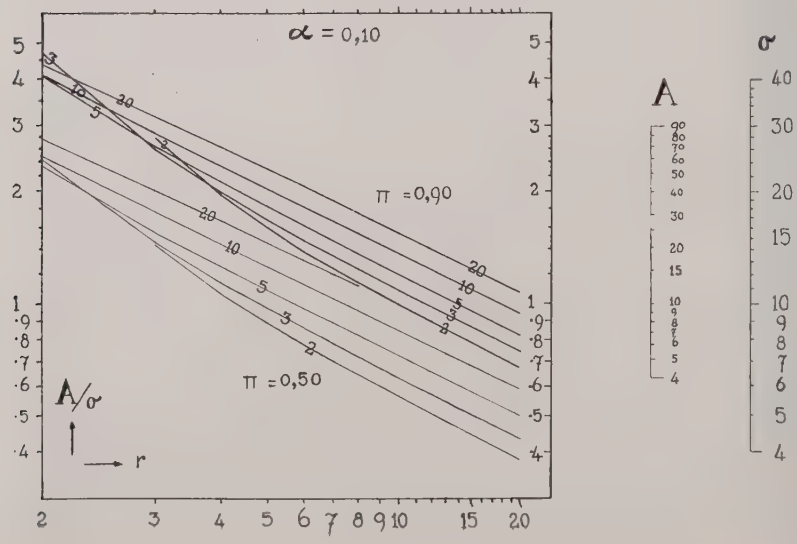
GRAPHIQUE III

Nomogramme de la puissance : $r \rightarrow \frac{A}{\sigma}(r|n, a, \pi)$, $a = 0{,}05$.



GRAPHIQUE IV

Nomogramme de la puissance : $r \rightarrow \frac{A}{\sigma}(r|n, a\ \pi)$, $a = 0{,}10$.



5. — Corrélation entre W et A

En effectuant un essai, l'expérimentateur doit d'abord se demander pour quelle valeur de A le test sera significatif. Une spéculation sur les μ_i individuels ou sur les différences $\mu_i - \mu_{i'}$ $(i<i')$, par les expressions $A^2 = \Sigma (\mu_i - \bar{\mu})^2 = \frac{1}{n} \sum_{i<i'} (\mu_i - \mu_{i'})^2$, semble peu efficace pour choisir une valeur critique de A.

L'intervalle $W = \max [\mu_i - \mu_{i'}]$ pourrait être un meilleur critère. Dans ce cas, on poserait la condition suivante : on veut être certain que l'hypothèse nulle sera rejetée lorsqu'une des différences $(\mu_i - \mu_{i'})$ au moins atteint une valeur déterminée W_o. La valeur la plus défavorable de W, intervalle des μ_i, sera alors $W = W_o$.

Cependant, étant donné que A, et non pas W, détermine la puissance, l'expérimentateur doit encore faire une supposition plus détaillée sur les différences des μ_i.

Les limites de A pour W donné, sont :

A (min.) $= W/\sqrt{2}$, si (n—2) des μ_i sont égaux (par exemple, $= \mu$)

et si les autres valent respectivement $\mu - \frac{1}{2} W$ et $\mu + \frac{1}{2} W$.

A (max.) $= \frac{1}{2} W \sqrt{n}$ (n est une valeur paire)

$= \frac{1}{2} W \sqrt{\frac{n^2 - 1}{n}}$ (n est une valeur impaire).

On suppose que les μ_i sont répartis de façon aussi égale que possible sur les deux valeurs dont l'intervalle est W.

Le quotient de ces deux extrêmes étant à peu près $\sqrt{\frac{n}{2}}$, il représente une valeur assez grande, ce qui a déjà été noté par Pearson et Hartley (1952).

Considérant la distribution des μ_i, nous avons formé 5 modèles, calculé A/W (pour n variable) et composé la table 1. Les modèles sont les suivants :

I. 2 extrêmes de μ_i et (n-2) moyennes (parmi tous les μ_i) sont présents. Ce modèle donne (A/W) min.

II. L'un des μ_i se distingue des (n-1) autres, ces derniers étant égaux.

III. Les μ_i sont les centres de n classes avec les mêmes probabilités 1/n de la distribution normale. On trouve les μ_i dans la table XX de Fisher et Yates (1957).

IV. Les μ_i sont équidistants.

V. Les μ_i se répartissent en deux groupes égaux (n est une valeur paire) ou presque égaux (n est une valeur impaire) de μ_i identiques. Ce modèle donne (A/W) max.

Le choix du modèle est du ressort de l'expérimentateur. La valeur A (min.) détermine la puissance minimale assurée. La puissance étant assurée si le modèle III s'applique, elle est d'autant plus assurée dans les cas des modèles IV et V.

Table 1

Valeurs A/W pour les modèles I à V de la répartition des espérances μ_i sur l'intervalle W des μ_i.

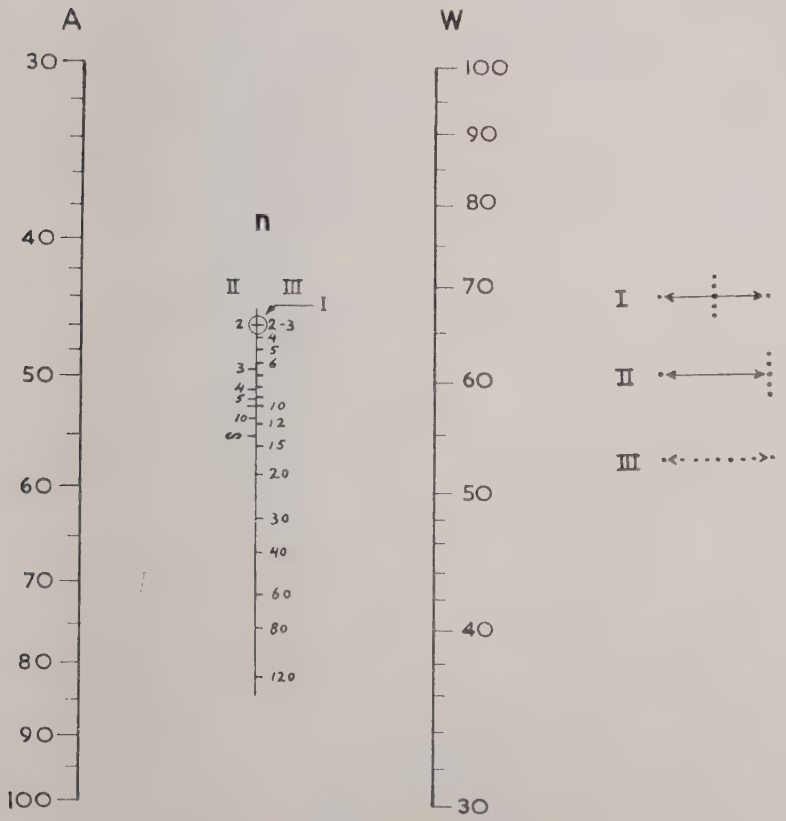
		I	II	III	IV	V
		·←→·	· ←→ ·	· <· ··· >·	· <· · · · >·	·←→·
n =	2	.71	.71	.71	.71	.71
	3	.71	.82	.71	.71	.87
	4	.71	.87	.74	.65	1.00
	5	.71	.89	.77	.79	1.10
	6	.71	.91	.80	.84	1.22
	7	.71	.93	.83	.88	1.31
	8	.71	.94	.86	.93	1.41
	10	.71	.95	.91	1.01	1.58
	12	.71	.96	.96	1.09	1.73
	15	.71	.97	1.03	1.20	1.93
	20	.71	.97	1.13	1.36	2.24
	30	.71	.98	1.29	1.64	2.74
	60	.71	.99	1.63	2.27	3.87
	120	.71	1.00	2.10	3.19	5.48
A^2/W^2 =		2^{-1}	$\frac{n-1}{n}$	Les μ_i donnés par F. et Y	$\frac{1}{12}(n+2+\frac{2}{n-1})$	1 n/4 (n = valeur paire) $(n^2-1)/4$ n (n = val. impaire)

Cependant, le modèle I représente une situation extrême ; on pourrait dire que le fait de s'en servir revient à chercher une aiguille dans une meule. C'est pourquoi nous avons choisi, dans les nomogrammes suivants, un compromis de II et III. A titre d'indication, cela signifie :

prenez la plus petite valeur de A/W entre II et III. Dans ce cas, pour n = 2-4, A/W = 0,73 ; pour n = 5-7, A/W = 0,80 ; pour n = 8-12, A/W = 0,90 ; pour n > 12,A/W = 1,0 ; en d'autres termes, pour n > 12, choisissez II, pour n ⩽ 12, choisissez III.

GRAPHIQUE V

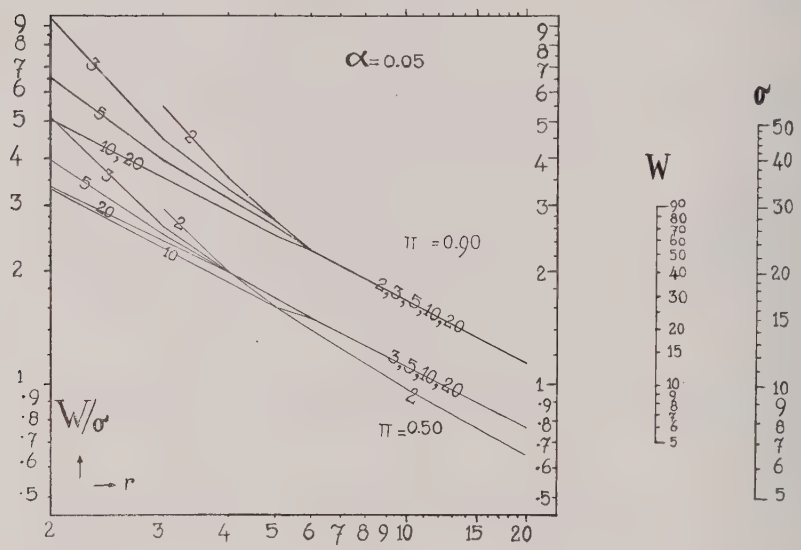
Nomogramme permettant de chercher A, W étant donné : classe I, II, III.
Exemple : W = 70, n = 5 ; on trouve A_I = 50, A_{II} = 62 et A_{III} = 53.



En introduisant W/σ les nomogrammes des graphiques III et IV peuvent être transformés (cfr Graphiques VI et VII). Ces nomogrammes sont dérivés de ceux présentés dans les graphiques III et IV, en faisant glisser les lignes verticalement sur une distance égale à log A/W dépendant de n. Pour la transformation, on a choisi pour chaque n les plus petites valeurs dans les colonnes II et III de la table 1. En suivant

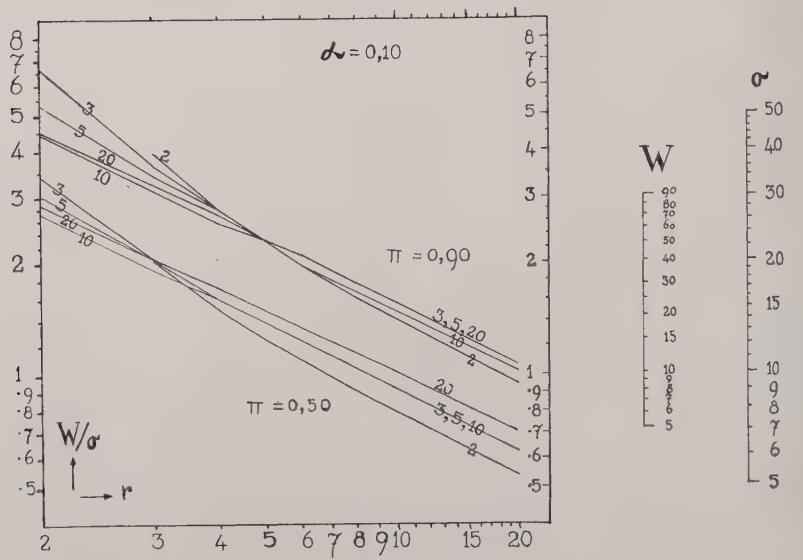
GRAPHIQUE VI

Nomogramme de la puissance : $r \rightarrow \frac{W}{\sigma}(r|n, \alpha, \pi)$, $\alpha = 0{,}05$.



GRAPHIQUE VII

Nomogramme de la puissance : $r \rightarrow \frac{W}{\sigma}(r|n, \alpha, \pi)$, $\alpha = 0{,}10$.



ce processus, quelques-unes des lignes représentant certains intervalles de r, se couvraient. Il a fallu alors simplifier le graphique. On pourra appliquer ces nomogrammes dans plusieurs cas, mais si la distribution supposée des μ_i diverge trop, il faut retourner à A/σ. Les nomogrammes ne sont établis que pour les valeurs $\pi = 0{,}50$ et $0{,}90$. On a observé qu'une interpolation linéaire dans les nomogrammes entre 0,50 et 0,90 donne une précision suffisante.

6. — Commentaire des formules employées

Une interpolation dans les tables connues de Pearson et Hartley (1951) et d'autres auteurs a donné la plus grande partie des points du nomogramme du graphique III correspondant à $\alpha = 0{,}05$. Les autres points ont été calculés directement. Le nomogramme du graphique IV correspondant à $\alpha = 0{,}10$ a été calculé entièrement par les formules exactes (a) et (b) de Tang (1939) et la formule approximative (c) de Patnaik (1949) :

$$(a)\quad 1 - \pi = \sum_{m=0}^{\infty} p(\underline{m}|\lambda)\, c_m$$

où $\quad p(m|\lambda = e^{-\lambda}\lambda^m/m!$

$$c_m = I_{x_o}\left(\frac{a + 2m}{2}, \frac{b}{2}\right)$$

$$x_o = \frac{a}{b} F_a \cdot \left(1 + \frac{a}{b} F_a\right)^{-1}$$

$$(b)\quad 1 - \pi = e^{-\lambda(1-x_o)}\, x_o^{p+q-1} \sum_{i=0}^{q-1} T_i$$

où $\quad T_o = 1_o$

$$T_1 = (p + q - 1 + \lambda x_o)\, \frac{1}{x_o}\, \frac{x_o}{}$$

$$T_i = [(p + q - i + \lambda x_o)\, T_{i-1} + (1 - x_o)\, T_{i-2}]\, \frac{1 - x_o}{i x_o}$$

$p = a/2$ et $q = b/2$.

La formule est valable pour b = valeur paire.

$$(c)\quad \underline{F}_b^{a,\gamma} \simeq k F_b^{a^*}$$

où $\quad k = \frac{a + \gamma^2}{a}$, $a^* = \frac{(a + \gamma^2)^2}{a + 2\gamma^2}$

Dans cette formule approximative, les premier et deuxième moments des deux variables aléatoires sont identiques, tandis que par ailleurs la concordance est satisfaisante.

De la formule (c) se déduit :

$$(a + \gamma^2) / a = F^a_{b,\alpha} \cdot F^b_{a^*,1-\pi} \quad \text{où } P(F^a_b > F^a_{b,\alpha}) = \alpha$$

Disposant des tables de F de Thompson and Merrington (1942), et α et π étant choisis, γ peut être calculé de façon assez simple.

7. — Application des nomogrammes

Exemple n° 1 : calcul de π.

On demande de calculer la puissance π d'une expérience en blocs au hasard pour laquelle sont donnés : $\mu_1 = 30$, $\mu_2 = 28$, $\mu_3 = 28$, $\mu_4 = 33$, $\mu_5 = 31$, $\mu_6 = 33$, $\mu_7 = 27$, $\sigma = 3$, $n = 7$, $r = 4$, $\alpha = 0{,}05$.

Solution : $A^2 = \Sigma (\mu_i - \bar{\mu})^2 = 36$ et $A/\sigma = 2$. L'interpolation dans le nomogramme du graphique III donne $\pi = 0{,}70$.

Cette solution est obtenue comme suit : pour $\pi = 0{,}90$, $n = 7$ et $r = 4$, nous trouvons : $A/\sigma = 2{,}4$ pour $n = 5$, et : $A/\sigma = 2{,}6$ pour $n = 10$, soit par interpolation : + 2,5. Pour $\pi = 0{,}50$, la valeur de A/σ se trouve à peu près à mi-chemin entre 1,5 et 1,7 et est donc égale à + 1,6. La valeur $A/\sigma = 2{,}0$ se trouve à mi-chemin entre les points $n = 7$, $\pi = 0{,}50$ et $n = 7$, $\pi = 0{,}90$, soit à $\pi = 0{,}70$.

Dans ce problème, la question suivante a été posée : Quelle puissance émane d'une certaine valeur de W ? Cependant, pour l'expérimentateur, le problème est le suivant : Quelle valeur de W donnera une signification ? Cette question est plus efficace. Les nomogrammes sont adaptés à la seconde question.

Exemple n° 2 : calcul de $W(\pi_0)$.

On demande quelle est, pour le modèle III de répartition des μ_i, la valeur de W pour laquelle l'expérience est nettement puissante ($\pi = 0{,}90$ et $\alpha = 0{,}05$).

On pourrait aussi formuler cette question comme suit : Quelle valeur doit avoir l'intervalle W (accompagné de quelques petites différences des μ_i) pour que l'hypothèse nulle soit rejetée ?

Solution : Le nomogramme du graphique VI donne la valeur suivante : $W = 9$ pour $\sigma = 3$, $n = 7$, $r = 4$, $\alpha = 0{,}05$ et $\pi = 0{,}90$.

Exemple n° 3 : calcul de r.

On demande combien de répétitions d'un essai de 20 variétés il faut effectuer pour qu'un intervalle W = 20 (accompagné de quelques petites différences) entraine significance ($\alpha = 0{,}10$ et $\pi = 0{,}90$). En se basant sur des expériences antérieures, on estime $\sigma = 10$.

Solution : Le nomogramme du graphique VII montre que pour $\pi = 0{,}90$, la droite $n = 20$ entre $r = 6$ et 7 coupe le niveau $W/\sigma = 2$. Conclusion : 7 répétitions suffisent.

Exemple n° 4 : calcul de k.

On demande de rechercher la surface efficace k (unités) d'une parcelle d'un essai de 20 variétés en 4 répétitions telle que, pour $A = 18$ par unité, π soit égal à 0,90.

Il existe une corrélation (1) entre σ et la surface k (unités) des parcelles qui s'exprime par l'équation $\sigma(k) = k^h \sigma(1)$ où $\sigma^2(k)$ est la variance des parcelles de k unités. On a $\sigma(1) = 10$, $\alpha = 0{,}05$ et $h = 3/4$.

Solution : Pour les parcelles de surface k, nous notons $A(k) = kA$, donc $A(k)/\sigma(k) = kA/k^h\sigma(1) = k^{1-h}A/\sigma = k^{1-h}\ 18/10 = 1{,}8\ k^{1-h}$.

Le nomogramme du graphique III donne $A(k)/\sigma(k) = 2{,}8$, donc $1{,}8\ k^{1-h} = 2{,}8$ et $k^{1-h} = 1{,}56$. Dans le cas où $h = 3/4$, $k = 5{,}90$. La surface des parcelles doit donc avoir 6 unités au moins.

N.B. : Si la qualité du sol est uniforme, on a $h = 1/2$. Une grande variation de la qualité du sol augmente la variance des unités, mais h ne dépasse guère la valeur 1.

Posant $h = 1/2$ au lieu de 3/4, on calcule $k^{1-(1/2)} = k^{(1/2)} = 1{,}56$ et $k = 2{,}43$. L'uniformité du sol a réduit la surface des parcelles à 2,43 unités. Une variété demande $4 \times 2{,}43 = 9{,}72$ unités.

On obtient un résultat semblable en augmentant le nombre des répétitions. A l'aide du nomogramme du graphique III, étant donné $A/\sigma = 1{,}8$, $\pi = 0{,}90$ et $n = 20$, on obtient $r = 9$. Cette valeur est égale à 2,25 fois le nombre des répétitions de la première solution. Une variété demande 9 unités.

BIBLIOGRAPHIE

Fisher, R. A. and Yates, F. Statistical tables (5th ed.), 1957.

Fox, M. Charts of the power of the F-test. *Ann. Math. Stat.*, **27**, 484, 1956.

Keuls, M. Tabellen en Nomogrammen van het onderscheidingsvermogen van de 5 % en 10 %-F-toets voor het gebruik bij de gewarde blokkenproef. *Statistica Neerlandica*, **14**, 127, 1960.

Kuiper, N. H. Een symbool voor isomoor. *Statistika Neerlandica*, **13**, 295, 1959.

Id. Variantie-analyse. *Statistica Neerlandica*, **6**, 3, 1952.

Patnaik, P. B. The non-central χ^2 and F-distributions. *Biom.*, **36**, 202, 1949.

Pearson, E. S. nd Hartley, H. O. Charts of the power function for analysis of variance test, derived from the non-central F-distribution. *Biom.*, **38**, 112, 1951.

Statistische tabellen en nomogrammen. Stenfert Kroese N. V. Leiden.

Tang, P. C. The power function of the analysis of variance test with tables. *Stat. Res. Mem.*, **2**, 126, 1939.

Thompson, M. and Merrington, C.M. Tables of percentage points of the inverted Beta (F) distribution. *Biom.*, **33**, 73, 1942.

(1) Corrélation tout à fait imaginaire.

Résumé.

En raison du très fréquent emploi d'essais en blocs au hasard dans la recherche agronomique, on a jugé utile d'établir des nomogrammes pour la puissance du critère F qui sont spécialement adaptés à ce schéma. Après un aperçu sur le test F et sa puissance, la fonction suivante a été introduite :

$$A\ (r \mid \alpha, \pi\ n, \sigma)$$

n = nombre de traitements.
r = nombre de répétitions.
σ = écart étalon d'observation individuelle.
α = seuil de signification.
π = puissance du critère.
$A = \sqrt{\Sigma}(\mu_i - \bar{\mu})^2$ = la « divergence » c.-à-d. une mesure des différences entre traitements.

Cette fonction donne la divergence A qui conduit au rejet de l'hypothèse nulle avec une chance π dans le cas d'essai en blocs (inclusivement test F) avec les constantes : n, r, α, σ. Si on choisit un $\pi = \pi_0$ fixe, par exemple $\pi_0 = 0{,}90$, la puissance du critère d'une expérience (donnée par n, r, σ, α,) est alors caractérisée par le nombre $A\pi_0 = A_{0,90}$.

Deux nomogrammes respectivement pour $\alpha = 0{,}05$ et $\alpha = 0{,}10$, donnent les courbes $r \rightarrow A(r)\ \sigma$ pour $\pi = 0{,}90$ et $0{,}50$ respectivement, et pour $n = 2, 3, 5, 10, 20$.

The power of the F-criterion in the analysis of variance of randomized block designs
Nomograms for determining the number of repetitions

Summary.

Considering the very frequent use of the randomized block designs in agricultural research, it seemed useful to set up nomograms for the power of the F-criterion which are particularly well adjusted for these designs. After an outline on the F-test and its power, the author introduces the following function :

$$A\ (r \mid \alpha, \pi\ n, \sigma)$$

n = number of treatments.
r = number of replicates.
σ = standard error of an observation.
α = level of significance.
π = power of the criterion.
$A = \sqrt{\Sigma}\ (\mu_i - \bar{\mu})^2$ = the « divergency », i.e. a measure of the differences between treatments.

This function gives the divergence A which leads to the reject of the null-hypothesis with a risk π in the case of a design (F-test included) with the constants : n, r, α, σ. If we choose a fixed $\pi = \pi_0$, e.g. $\pi_0 = 0{,}90$, then the power of the F-test of an experiment given by n, r, σ, α is characterised by the number $A\pi_0 = A_{0,90}$.

Two nomograms, respectively for $\alpha = 0{,}05$ and $\alpha = 0{,}10$, give the curves $r \rightarrow A(r)/\sigma$ for respectively $\pi = 0{,}90$ and $0{,}50$ and for $n = 2, 3, 5, 10, 20$.

Die Kraft des Zeichens F in der Analyse der Veränderlichkeit von Plänen in Blöcken im Zufall Nomogramme für die Wahl der Anzahl von Wiederholungen

ZUSAMMENFASSUNG.

Da man sehr häufig Versuche in Blöcken im Zufall in der landwirtschaftlichen Forschung anwendet, hat man es für nützlich befunden, Nomogramme aufzustellen, die der Güte des Testes F speziell für dieses Schema Rechnung tragen.

Nach einem Überblick über den Test F und seine Güte ist folgende Funktion eingeführt worden :

$$A\ (r|\alpha,\ \pi\ n,\ \sigma)$$

n = Anzahl der Behandlungen.
r = Anzahl der Wiederholungen.
σ = Streuung der individuellen Beoachtung.
α = Schwelle der Bedeutung.
π = Kraft des Testes
$A = \sqrt{\Sigma}\,(\mu_i - \bar{\mu})^2$ = die Abweichung, d.h. ein Mass der Unterschiede zwischen Behandlungen.

Diese Funktion gibt die Abweichung A, die die Hypothese null mit einer Wahrscheinlichkeit π für den Fall von Versuchsblöcken (inbegriffen der Test F) mit den Konstanten : n, r, α, σ ablehnen lässt. Wenn man ein $\pi = \pi_0$ mit einem festen Wert von zum Beispiel $\pi_0 = 0{,}90$ wählt, ist die Güte eines Versuchs (gegeben durch n, r, σ, α) durch den Wert $A\pi_0$ karakterisiert $= A_{0,90}$.

Zwei Nomogramme für $\alpha = 0{,}05$ und $\alpha = 0{,}10$ geben die Kurven $r \rightarrow A(r)/\sigma$ für $\pi = 0{,}90$ und $0{,}50$ und für $n = 2, 3, 5, 10, 20$.

Développement des méthodes biométriques et statistiques dans la Recherche agronomique au Congo belge et au Ruanda-Urundi (1)

par J. M. Henry

Attaché à la direction de l'I.N.E.A.C.
Ancien Directeur Général en Afrique de l'I.N.E.A.C.

C'est à l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge (I.N.E.A.C.) que revient le mérite et l'honneur d'avoir appliqué, le premier, au Congo Belge et au Ruanda-Urundi, les méthodes biométriques aux nombreux problèmes que pose la recherche agronomique dans un pays neuf, aujourd'hui encore à peine défriché : ce pays s'étend de 5° de latitude Nord à 13° de latitude Sud, et de 12° à 31° de longitude Est ; il offre aux expérimentateurs une richesse incomparable de couverts végétaux, de cas physiographiques, pédologiques et écologiques très diversifiés.

Au Congo Belge et au Ruanda-Urundi, les recherches agronomiques auxquelles il a fallu appliquer les méthodes biométriques peuvent, au premier degré, être classées en deux grands groupes, à savoir :

1. les problèmes dont le traitement biométrique reste largement indépendant du cadre écologique où s'effectuent les recherches. Tels sont les essais de description quantitative de caractères morphologiques de biotypes, les recherches de tests corrélatifs de la haute productivité, les problèmes d'échantillonnage, l'étude des caractères technologiques, l'étude génétique des descendances, la description quantitative des phénomènes de croissance ;
2. les problèmes dont la solution dépendra largement du choix d'un dispositif expérimental, l'efficience de celui-ci variant pour une espèce donnée, en fonction des facteurs du milieu : variations de couvert végétal, de climat, de sol et de physiographie qui induisent des formes et des intensités particulières d'hétérogénéité du sol.

(1) La présente note constitue un résumé, composé de larges extraits d'une note plus étendue rédigée en vue de la troisième Journée de Biométrie organisée dans le cadre des fêtes du centenaire de l'Institut agronomique de l'État à Gembloux. Le texte intégral en a été publié *in extenso* dans les nos 3-4, année 1960, de la revue *Biométrie-Praximétrie* de la société Adolphe Quetelet.

Il en est ainsi des plans d'essais variétaux et culturaux et des plans de sondage.

De ce qui précède découle le plan de la note originale [1] dont les paragraphes sont repérés suivant la numérotation décimale.

1. Problèmes dont le traitement est indépendant du cadre écologique des recherches :

   11. Echantillonnage ;
   12. Étude des descendances des populations : différenciation de biotypes ;
   13. Expression mathématique de phénomènes biologiques — Courbes de croissance ;
   14. Études de divers types de corrélation ;

      141. Corrélation entre certains caractères végétatifs ou génératifs et la productivité : critères de choix ;
      142. Corrélation entre les données écoclimatiques et le rendement ;
      143. Corrélations diverses ;
      144. Considérations générales.

2. Analyse critique des essais comparatifs variétaux et culturaux réalisés dans les centres de l'Institut de 1935 à 1952-1957.

   21. Généralités.
   22. Espèces saisonnières :

      221. Centre de recherches de Yangambi. Historique de l'évolution de la technique expérimentale appliquée aux champs d'essais de la Division des plantes vivrières du Centre de recherches de Yangambi ;
      222. Plantation expérimentale de Mukumari ;
      223. Station expérimentale de Keyberg ;
      224. Station de recherches agronomiques de Bambesa ;
      225. Stations du Haut Lomami : Stations expérimentales de Gandajika et Kaniama ; Centre expérimental de Kibangula ;
      226. Stations sur sol de vallées : Station d'essais de Lubarika ; Station de recherches agronomiques de Mvuazi ; Station expérimentale de Kiyaka ;

(1) Notons de suite que cette synthèse fait abstraction des applications biométriques aux recherches zootechniques, agrostologiques et sylvicoles.

227. Stations en régions montagneuses :

227.1 Sols originellement pauvres, mais humifères : Station de recherches agronomiques de Nioka ; Station d'essais de Kisozi ;

227.2 Sols originellement riches : Stations de recherches agronomiques de Mulungu et de Rubona ; Centre expérimental du Kivu Nord (Ndihira) :

***

1. — Problèmes dont le traitement est indépendant du cadre écologique des recherches.

11. Échantillonnage.

L'application des techniques d'échantillonnage aux cas rencontrés dans la recherche agronomique au Congo Belge ne se différencie en rien des problèmes classiques. Cependant la solution de certains cas a pris de l'ampleur, notamment en amélioration génétique des plantes économiques arborescentes du fait de la lente succession des générations et partant, de l'impossibilité de s'assurer rapidement, par l'épreuve de la descendance, de la valeur intrinsèque d'un biotype prometteur. Il est dès lors nécessaire de soumettre à une analyse plus détaillée les individus « tête de lignée ». Le grand nombre de candidats exige par ailleurs l'élaboration de tests les moins dispendieux, en temps et en argent, qui permettent d'accroître la certitude du choix des véritables sujets élites.

C'est ainsi qu'en hévéaculture, le problème consistait à définir la méthode la plus simple pour le choix des arbres d'élite en champs, observés en Stations ou prospectés dans des plantations plus vastes de sociétés privées. En fait, il fallait déterminer le minimum de mesures nécessaires, le laps de temps et la période de l'année pendant lesquels les observations devraient être poursuivies pour repérer dans une population d'âge donné les meilleurs producteurs.

Diverses modalités d'estimation de la production annuelle d'un arbre furent comparées et leur valeur estimée par la grandeur du coefficient de corrélation entre l'observation et le rendement réel. On obtint les résultats suivants :

a) une mesure par mois durant toute l'année $r \simeq + 0{,}99$
b) une seule mesure annuelle prise au hasard $r \simeq + 0{,}58$
c) cycles courts de cinq à quinze mesures successives en diverses périodes de l'année :

a Yangambi, 1. les observations poursuivies pendant un cycle de quinze jours, en juillet-août, donnèrent : $r \simeq + 0{,}95$ (1)

2. un cycle de quinze mesures successives pendant la saison sèche : $r \simeq + 0{,}90$ (1)

3. tandis que deux séries de trente mesures successives en période sèche ou humide n'apportait aucune amélioration $r \simeq + 0{,}91$ (1)

Selon qu'il s'agit d'observations de productivité en Station ou de la recherche d'arbres d'élite en prospection, on aura le choix entre les mensurations mensuelles ou un cycle de quinze observations groupées à l'époque la plus favorable en un lieu donné.

C'est sans contredit sur le palmier à huile que furent conduits les travaux les plus complets d'étude de l'échantillonnage et de la variabilité des composantes de la productivité. L'examen des courbes de distribution des types de fruit dans les plantations naturelles et artificielles ainsi que la recherche de l'expression mathématique des dissociations après croisements, amena la découverte du monohybridisme qui régit l'hérédité de l'épaisseur de la coque (dont la distribution s'est révélée bimodale) et conduisit ainsi à l'application à grande échelle du croisement industriel *Dura* × *Pisifera*.

L'étude de la variabilité du rendement individuel et de ses deux composantes : nombre et poids moyen des régimes produits, montre qu'il faut cumuler les rendements des six premières années de récolte pour se faire une idée exacte du potentiel productif de chaque palmier.

De son côté, la Station de Recherches de Mulungu développa une étude de l'échantillonnage de l'écorce de *Cinchona ledgeriana* ayant pour but de déterminer l'échantillon représentatif de la richesse de l'écorce.

Actuellement, sont en cours des études d'échantillonnage en vue de l'analyse foliaire de diverses espèces.

Il a été, par ailleurs, prouvé qu'un échantillon de 200 fruits suffisait pour caractériser une lignée de caféier robusta au point de vue valeur marchande.

Parmi les nombreuses études d'échantillonnage menées sur les diverses plantes vivrières, nous croyons utile de signaler les travaux de mise au point de l'échantillonnage en champ en vue de la détermination des teneurs en protéines, en lipides et en cendres de l'arachide, du soja, du riz, du maïs et de l'igname.

(1) $\simeq$: environ égal à.

12. Étude des descendances et des populations et différenciation de biotypes.

En fait, ces études sont liées aux problèmes d'échantillonnage et nous ne reviendrons pas sur les études des descendances et des populations dont quelques aperçus ont déjà été donnés au paragraphe précédent. Rappelons qu'à côté des études de transmission héréditaire citées plus haut, il fut fait un large usage des tests classiques pour la comparaison entre distributions observées et attendues notamment dans l'étude de la transmission héréditaire de certains caractères qualitatifs tels que la coloration des fruits chez *Elaeis guineensis* et la coloration des glumelles et des caryopses chez *Oryza sativa*.

Cependant, en matière de différenciation de biotypes, il convient de citer l'excellent usage qui a été fait des tests biométriques pour caractériser avec plus de certitude les clones de *Hevea brasiliensis* cultivés à Yangambi.

Combinant le test colorimétrique classique de Bobiloff avec plusieurs rapports de dimensions de pétioles et de folioles composant un échantillon au hasard, il est possible par éliminations successives d'identifier chaque clone sur une base objective.

13. Expression mathématique de phénomènes biologiques. Courbes de croissance.

L'intérêt évident de l'expression quantitative de la croissance des végétaux dont on poursuit l'amélioration, a incité de nombreux expérimentateurs à rechercher une expression mathématique des phénomènes de croissance parfois d'un organe, le plus souvent de la plante entière.

Depuis quelques années cependant, un effort systématique est fait pour exprimer la croissance des végétaux sur la base des augmentations de leur poids sec.

Par ailleurs, il y a quelque temps déjà, la Division de Physiologie a proposé une formule qui s'est avérée valable, du moins dans le jeune âge, pour valoriser la croissance du palmier à huile. Elle correspond à l'indice volumétrique suivant :

$$Iv = \frac{C^2}{4\pi} H^2 + \frac{L^2}{4}$$

où C est le contour du stipe, H et L sont respectivement la hauteur et la largeur de la couronne.

De leur côté, les sélectionneurs de la Station de Bambesa (13), après avoir tenté d'exprimer la croissance du cotonnier par une cour-

be logarithmique, ont préféré une formule polynomiale du type :

$$\text{Log}\ \frac{Y}{a-Y} = Y' = A + Bt + Ct^2 + Dt^3 \quad (1)$$

Recherchant des relations entre la teneur en sucre des capsules et la résistence aux stigmatomycoses, le Chef du Laboratoire de Phytopathologie de Bambesa (32) a exprimé la variation du sucre en fonction du temps par la formule $S = \frac{t}{Ke^{bt}}$ (2).

La variation du volume de la capsule se traduisait par une formule du type

$$\sqrt[3]{V} = \frac{t}{Ke^{bt}} (2)$$

14. Études des divers types de corrélation.

141. *Corrélation entre certains caractères végétatifs ou génératifs et la productivité : Critères de choix.*

L'usage des corrélations fut surtout utile pour tenter d'estimer la production d'un plant, d'une lignée ou d'un champ à partir de tests plus simples que les mesures directes de la productivité ; pour définir les meilleurs critères de choix des sujets d'élite, les valeurs idéales que doivent atteindre les composantes de la productivité pour que celle-ci atteigne son maximum et pour tenter de se faire une idée de la valeur d'un géniteur au départ de données fournies par ses frères et sœurs, ou de prédire la valeur d'une descendance en se basant sur les observations faites sur les géniteurs ou sur d'autres descendances des mêmes parents combinés avec d'autres partenaires.

D'importants travaux de recherches de corrélation ont été poursuivis sur *Elaeis guineensis* ; tous avaient pour but d'établir des relations entre les caractères végétatifs ou génératifs et la productivité, et entre les caractères foliaires simples et l'une ou l'autre composante générative de la productivité. En général, aucune indication pratique n'a

(1) où Y = rendement obtenu au bout du temps t ;
a = rendement maximum susceptible d'être atteint ;
t = temps (jours).

(2) où S = pourcentage de sucres réducteurs ou totaux dosés par la méthode de Agedorn-Jensen.
V = volume de la capsule.
Dans les deux cas, t = l'âge (jours) ;
$\frac{1}{K}$ = coefficient, considéré par l'auteur comme un facteur de croissance ;
b = coefficient, considéré comme exprimant les facteurs d'entrave à la croissance.

pu être obtenue, les valeurs observées des coefficients de corrélation étant relativement faibles, de l'ordre de 0,300 et souvent même moins. Il est évident que de telles valeurs ne permettent pas un haut coefficient de détermination. Dans ce cas, les calculs de régression partielle n'ont pas amélioré la valeur de prédiction.

Peut-être, doit-on rechercher la cause de cette imprécision dans le trop grand nombre de composantes de la production appréciée en régimes ou en huile.

C'est sans contredit, dans l'étude de l'amélioration de l'hévéa, que les études des corrélations ont donné les résultats les plus pratiques. Nous avons déjà signalé les résultats obtenus en échantillonnage grâce à la méthode des corrélations. L'hévéa possède l'avantage de produire du latex dès le tout jeune âge. Cette particularité a inspiré, en Extrême-Orient, la mise au point de méthodes de mesure de l'écoulement du latex dans le jeune âge afin de pouvoir en déduire le potentiel de production à l'âge adulte. Ces méthodes sont connues sous le nom de Testatex, de test Morris-Mann ou de saignée précoce (4, 6, 29)

Les valeurs des coefficients de corrélation entre le test Morris-Mann et la production ultérieure étaient relativement faibles + 0,65, + 0,73.

Après qu'il eut été prouvé que les catégories Testatex 4-5 sont supérieures aux trois catégories 1-2, 1-3 et 3, on étudia, dans une famille TJ1 illégitime, la relation entre :

a) le Testatex (1) et la production (2) et
b) la vigueur dans le jeune âge (3) et la production.

Les valeurs observées pour les coefficients de corrélation ont été

$$R_{12} = + 0{,}66$$
$$R_{(12)3} = + 0{,}86$$

Ce résultat amena la conclusion qu'il fallait effectuer d'abord une éclaircie basée sur la vigueur végétative et opérer ensuite un choix par la méthode du Testatex. Cette découverte est à la base de la pratique culturale connue sous le nom de « *présélection en place* », technique d'une grande portée économique.

Il est un fait cependant que les relations entre un hévéa d'élite repéré en prospection et la valeur des descendances générative et végétative sont très décevantes ($r = + 0{,}1$). Aussi la Division de l'hévéa s'est-elle orientée vers la recherche de caractères liés à la production mais non soumis à l'action du milieu. Parmi les caractères morphologiques examinés, l'insertion de la nervure latérale normale gauche située sous le point central du limbe de la foliole médiane semble pouvoir être retenue comme un critère valable de sélection, du moins dans les populations étudiées.

Ce test, dénommé « Testam », s'il n'est influencé ni par le greffage ni par la microstation, est lié à la production du clone et a le grand avantage d'être applicable dans le tout jeune âge.

142. *Corrélation entre les données écoclimatiques et le rendement.*

Les buts de ces recherches sont de plusieurs ordres. La découverte des lois qui lient le rendement aux conditions de climat peut être utile soit pour étendre à d'autres régions les conclusions d'un essai réalisé en un lieu donné, soit pour pouvoir corriger par des moyens artificiels des pratiques culturales : dates de semis, mode d'irrigation, etc.... ainsi que certains facteurs qui s'écartent trop des valeurs optimales, soit encore pour savoir estimer les rendements des cultures avant la récolte.

En général, les études poursuivies dans ce domaine sur des plantes saisonnières donnent des expressions valables.

Mais les recherches s'avèrent de loin plus complexes en ce qui concerne les plantes arborescentes de grande culture. Aucune expression valable n'a été trouvée à ce jour, dans les cas du caféier robusta, de l'hévéa et du palmier à huile. Il faut attribuer la cause de ces difficultés au fait que pour ces plantes le rendement est une résultante très complexe d'actions climatiques immédiates et d'autres plus ou moins éloignées.

C'est ainsi que des chercheurs de la Division du palmier à huile ont trouvé que la sexualisation des régimes est influencée par le climat qui prévaut quelque 40 mois avant la récolte des régimes, tandis que l'avortement dépendrait surtout des périodes sèches qui apparaissent environ 19 mois avant la maturité.

Par ailleurs, la courbe de croissance de l'inflorescence depuis la différenciation de la première ébauche jusqu'à la floraison a une allure de fonction exponentielle. L'action des pluies sur cette période de la vie de l'inflorescence serait différente de celle exercée sur la croissance et la maturité des fruits après la fécondation. De plus, il semblerait qu'il faille tenir compte de l'âge des populations étudiées ; les relations qui paraissent prévaloir dans le jeune âge diffèrent totalement des expressions qui traduisent les mêmes phénomènes quand le couvert de la palmeraie est fermé.

De ces considérations, il découle qu'une analyse phénologique très détaillée est nécessaire pour mettre en évidence l'action des différents éléments écoclimatiques sur les processus physiologiques qui régissent la productivité du palmier à huile.

Les études sur les autres plantes arborescentes revêtiront la même complexité.

143. *Corrélations diverses.*

Dans de nombreux cas, les études de corrélation ont eu pour objet d'évaluer la valeur technologique ou industrielle au départ de petits échantillons et de tests de laboratoire. Nous estimons cependant que ces études sortent quelque peu du cadre purement agronomique du présent exposé.

144. *Considérations générales.*

De nombreux problèmes d'échantillonnage et d'étude de populations ou de descendances sont actuellement traités et devront être résolus à l'avenir. Comme nous l'avons déjà souligné, il n'existe pas dans ce domaine de solutions originales propres aux cas posés en recherche agronomique au Congo Belge et au Ruanda-Urundi.

Nous avons cité quelques exemples où l'emploi des corrélations et des équations de régression ont mis en évidence quelques lois de grande portée pratique. Il s'agissait en l'occurence de cas simples qui nécessitent peu de calculs. Cependant, de nombreux autres problèmes exigent des solutions plus laborieuses de par le grand nombre de facteurs à prendre en considération ou du fait que les solutions mathématiques impliquent de nombreuses fonctions curvilignes et nécessitent, par conséquent, la mise en œuvre de puissants moyens mécanographiques.

La méthode des corrélations multiples est un puissant outil d'analyse dans les phases inductives des recherches qui doivent logiquement alterner avec les phases déductives appuyées d'essais contrôlés, à partir des données d'observation. Elle permet d'exprimer de façon succincte, les influences propres et les interactions des nombreux facteurs qui interviennent dans la production agricole et de définir de même les fonctions qui expriment de la façon la plus adéquate l'action de chaque facteur pris isolément. Leur influence relative peut être recherchée ; enfin, il est permis de calculer les valeurs optimales que doivent atteindre tous les facteurs pour atteindre au maximum ou au minimum l'objectif recherché.

Le grand avantage de cette méthode d'investigation est de pouvoir utiliser dans certains cas complexes des données actuellement mesurables sans devoir recourir à une expérimentation planifiée et de longue durée, ou de pouvoir réussir à élucider certaines lois ou relations là où il est impossible de planifier des essais pour résoudre les problèmes posés.

2. — Analyse critique des précisions observées dans les essais comparatifs variétaux et culturaux réalisés dans les établissements de l'Institut de 1935 à 1952-1957.

21. Généralités.

Dans la première partie de ce paragraphe de la note originale, nous examinions le cas des essais comparatifs exécutés sur des plantes saisonnières, dans quinze Centres de l'Institut. En principe, il ne fut tenu compte que de l'expérimentation variétale et nous arrêtons à la période 1952-1957 nos comparaisons qui portaient ainsi sur approximativement deux décennies. Il nous était moins aisé de tirer profit pour notre étude des essais culturaux, car peu d'entre eux ont été réalisés en réseau avant 1955. De plus, les plans de ces essais varient en fonction des problèmes posés à un moment donné et à un endroit déterminé ; il était de ce fait difficile d'établir des séries suffisamment importantes de dispositifs expérimentaux ayant les mêmes caractéristiques, ce qui découragait ainsi tout l'effort d'analyse et de comparaison. Le cas des plans d'essais appliqués aux plantes arborescentes de grande culture était quelque peu différent et, pensons-nous, moins compliqué ; les estimations de la valeur des objets comparés doivent en effet porter sur plusieurs années d'observations, ce qui réduit fortement la variabilité.

2.2 Espèces saisonnières

Nous avons donc passé en revue et tenté de dégager des lois des tests de précision de quelque 2000 essais exécutés sur 18 espèces végétales dans 15 stations expérimentales de l'Institut. De ces analyses et comparaisons se sont dégagées quelques tendances relatives à l'influence des éléments suivants sur la précision des essais.

22.1 *Forme et importance des parcelles d'essais.*

Quelle que soit la méthode ou le dispositif employé, les parcelles étroites et allongées ont provoqué une amélioration de la précision dans tous les cas écologiques et culturaux examinés. Cependant, l'avantage est moins marqué en milieu suffisamment homogène et s'atténue au fur et à mesure que la fertilité des soles s'égalise suite aux améliorations apportées au milieu cultural. Nous pensons cependant que l'imprécision de certains essais établis selon des dispositifs modernes : blocs incomplètement équilibrés, réseau quadratique, etc. est due à une trop grande compacité des parcelles et des blocs.

Cette constatation vaut d'une façon absolue pour les épreuves variétales. Cependant dans les essais culturaux où des interactions de traitement sont à craindre de parcelle à parcelle, les surfaces de bordure non observées deviennent exagérément importantes. Il y a alors avantage à diminuer le rapport longueur/largeur et à augmenter à la fois la surface des parcelles et le nombre des répétitions.

Certains dispositifs caractérisés par des parcelles de faible superficie et qui comportent un nombre de répétitions allant parfois jusqu'à 80 semblent résoudre le problème de la précision des essais établis sur des soles où l'hétérogénéité se manifeste en plage. Cependant, l'interprétation de ces tests est très longue et très dispendieuse : aussi a-t-on souvent accepté, dans ces cas, des frais d'exécution plus élevés afin d'obtenir des facilités d'interprétation, en utilisant des dispositifs constitués de parcelles longues répétées huit à dix fois.

22.2 *Nombre d'objets et de répétitions.*

Dans la plupart des milieux expérimentaux envisagés dans cette étude, la précision des essais fléchit rapidement lorsque l'on dépasse trois ou quatre objets par bloc. Tel est le cas, après défrichement forestier et sur les terrains colonisés par de nombreuses termitières. C'est la raison pour laquelle on obtient des précisions de même ordre de grandeur pour les dispositifs en blocs randomisés de trois parcelles et ceux interprétés suivant les méthodes de Papadakis et des témoins intercalés, pour autant évidemment que les parcelles et les blocs aient la même forme et la même importance. Cette constatation est logique puisque, en fait, dans ces trois cas, l'unité de variation comporte trois parcelles.

Cette influence du nombre d'objets par bloc est évidemment moins accentuée dans les conditions plus homogènes des savanes herbacées, sur des sols riches, sur des terres alluvionnaires ou sur des sols cultivés intensément. Cependant, au cours de certaines saisons, toute cause extrapédologique, telle que le climat et les attaques d'insectes, qui accentue la variation des rendements parcellaires, accroît l'imprécision des essais disposés en blocs randomisés comparant plus de trois ou quatre objets à la fois. Cette constatation incite à faire croire qu'il y aurait grand avantage à généraliser l'emploi des plans à blocs incomplets qui permettraient de réduire l'importance de l'unité de variation à trois parcelles. Toutefois, il convient de maintenir un rapport longueur/largeur des parcelles assez important et un nombre suffisant de répétitions.

Quelques dispositifs qui comportent les mêmes caractéristiques ont été répétés pendant plusieurs saisons consécutives ce qui permet de grouper les analyses et d'éliminer la variation intersaisonnière. Dans

tous les cas, la précision des comparaisons est fortement améliorée ; elle est, la plupart du temps, presque doublée quand on répète l'essai pendant trois saisons. Les conclusions agronomiques sont également mieux établies du fait que les rendements moyens sont établis au départ d'un nombre plus élevé de saisons climatiques. La supériorité d'un traitement et d'une variété n'ont de valeur pratique que si celle-ci se confirme au cours d'un grand nombre de saisons culturales : il serait indiqué d'étudier jusqu'à quel point on pourrait réduire, pour une précision désirée, la superficie des parcelles et le nombre de répétitions lorsqu'on prolonge l'expérimentation pendant plusieurs saisons. Il est certain que les conclusions agronomiques ainsi obtenues sont de plus grande valeur dans le temps. La solution de ce problème ne peut être correctement trouvée au départ de données d'essais à blanc établis au cours d'une seule saison.

223. *Méthodes et dispositifs.*

La méthode dite classique et celle des couples multiples ont été rapidement abandonnées par les expérimentateurs au profit de la méthode des blocs randomisés. Dans certaines Stations où le milieu est suffisamment homogène, cette dernière méthode a été maintenue et est encore largement utilisée. Tel est le cas des Centres de Gandajika, de Kaniama, de Kibangula, de Kiyaka et de Lubarika.

Dans quelques autres Stations, la méthode de Papadakis a été utilisée avec succès pendant quelques années, puis abandonnée au profit de dispositifs mieux étudiés de la méthode des blocs randomisés.

En effet, souvent cette technique fut rejetée trop rapidement alors que son efficience pouvait facilement être améliorée en modifiant la forme des parcelles et en augmentant le nombre des répétitions. Par contre, après un défrichement forestier et sur des terrains encombrés de termitières, la méthode de Papadakis était nettement supérieure à la méthode des blocs randomisés tant en ce qui concerne la précision que l'économie de surfac .

Cependant, l'interprétation des essais établis suivant la méthode de Papadakis requiert des calculs d'autant plus longs et laborieux que les nombres d'objets et de répétitions sont élevés.

Les analyses groupées par saison sont de ce fait très pénibles. Cette méthode ne permet pas d'annihiler la variabilité saisonnière.

C'est pourquoi dans les cas où les soles sont très hétérogènes, le rythme de l'expérimentation très rapide et les coûts d'exécution dans les champs relativement peu importants, on utilise, même pour les essais définitifs, la méthode des témoins intercalés qui, outre l'avantage d'être simple, assure une très grande précision aux comparaisons.

Les méthodes du témoin hypothétique et du témoin intercalé sont encore souvent utilisées dans les essais de triage.

TABLEAU 1

Enumération des éléments qui peuvent avoir une influence sur la précision.

Localité	Indice de précision (1)	Physiographie (2)	Manteau végétal (3)	Fertilité (4)	Altitude (m) (5)	T° (°C) (6)	Type de climat (7)	Nombre de mois de saison sèche (8)	H.PL.A.F. (mm) (9)
Yangambi	20	P.O.T.	F	M	400	24,6	Af	0	2.200
Mukumari	23	P.O.t.	F	M	535	24,0	Af	1	2.400
Keyberg	13	P.O.T.T.	f	H	1.187	19,8	Cw	7	3.200
Bambesa	22	p.t.	F	H	621	24,1	Am	3	
Gandajika	25	p.t.	S	H	780	24,0	Qw	4	2.500
Kaniama	25	p.t.	S	H	949	23,1	Aw	4	2.800
Kibangula	30	p.t.	S	H	685	24,3	Aw	3	2.700
Kiyaka (vallée)	23	P.L.O.t.	F	M	735	24,0	Aw	3	2.700
Kiyaka (plateau)		P.t.	S	m					
Lubarika	20	A.r.t.	S	H	980	23,7	Aw	4	2.200
Mvuazi	20	A.r.t.	S	H	505	23,8	Aw	4-5	2.700
Nioka	20	P.L.O.t.	S	M	1.678	18.9	Cf	3	2.000

Kisozi	21	P.L.O.t.	S	m	2.155	16,0	Cw	4	2.400
Mulungu	23	P.O.t.	f	H	1.700-2.430	16,2	Cf	4	2.400
Rubona	20	P.L.O.t.	S	H	1.706	19,1	Aw	4	2.000
Ndihira		P.F.O.t.	S	M	2.190	12,5	Cf	0	1.800

(1) Cet indice est la moyenne des cotes attribuées aux essais selon les bases suivantes :

30 aux essais donnant une signification comprise entre 0 et 10 %
20 aux essais donnant une signification comprise entre 11 et 10 %
10 aux essais donnant une signification comprise entre 21 et +

(2) Signification des abréviations :

P. = Plateau. p. = Pénéplaine.
P.O. = Plateau ondulé. t. = absence de termitières.
P.L.O. = Plateau largement ondulé. T = présence de grandes termitières, nombreuses.
P.F.O. = Plateau fortement ondulé. T.T = présence de grandes termitières, très nombreuses.

(3) Type de végétation : F = Forêt primaire, f = Forêt secondaire. S = Savane.

(4) Fertilité : M = Fertilité moyenne, H = Bonne fertilité, m = Terres pauvres.

(5), (6), (7), (8), (9) cfr. signification donnée plus haut.

(6) Dans la note originale, les paragraphes 221 a 227.2 (pp. 99 à 140) détaillent les caractéristiques physiographiques, écoclimatiques et pédologiques de chaque région et station dont on passe en revue et critique les caractéristiques et les essais.

22.4 *Conditions culturales.*

De nombreux tableaux ont, dans l'exposé original, prouvé la forte corrélation qui existe entre la précision et le rendement à l'hectare, qui est certes la meilleure expression des conditions culturales.

Au cours des vingt années passées en revue, la précision des essais de toutes les Stations a été croissant. Il est évident que la maîtrise des expérimentateurs s'est améliorée au fil du temps. Les progrès réalisés dans l'amélioration des méthodes culturales et du patrimoine génétique constituent des facteurs qui améliorent fortement la précision des essais. D'une part, les fumures, les traitements phytosanitaires, une meilleure connaissance des dates de semis, des écartements et d'autres pratiques culturales adéquates, améliorent l'homogénéité des soles expérimentales et diminuent les aléas culturaux ; d'autre part, l'amélioration génétique permet de découvrir des biotypes plus adaptés aux conditions écologiques et édaphiques et qui sont donc moins sensibles aux maladies et à l'hétérogénéité du milieu. Ceci explique pourquoi, dans une localité donnée, certains schémas rejetés comme inadéquats il y a 15 ou 20 ans, sont actuellement considérés comme suffisamment précis. Cette constatation souligne aussi le danger d'interpréter de façon trop rigide les résultats des essais à blanc qui, forcément, sont établis au cours d'une saison donnée et dans des conditions culturales particulières. De même, il est évident que par manque d'adaptation à des conditions culturales en amélioration continue, on applique parfois des dispositifs trop coûteux dans un milieu cultural déterminé et pour une précision donnée.

225. *Conditions écologiques, pédologiques et physiographiques.*

Lorsqu'on compare les précisions obtenues avec des dispositifs identiques, on trouve de très grosses différences entre les régions ou les sites (cfr. tableau 1). Les éléments qui influencent le plus cette différenciation sont la fertilité originelle du sol, la régularité du climat, la physiographie, le microrelief et le couvert végétal originel quand il s'agit d'essais établis après défrichement.

C'est la physiographie et surtout le microrelief des champs d'essais qui jouent le rôle dominant dans la précision des essais.

En résumé, étant donné l'impossibilité d'établir des comparaisons revêtues d'une valeur scientifique indiscutable, on ne peut que dégager des tendances touchant l'influence des différents facteurs du milieu sur la précision des essais. Ces tendances se résument comme suit :

1) les essais établis au cours des premières années qui suivent le défrichement sont plus précis en région de savane qu'en région forestière ;

2) la fertilité originelle des sols joue un rôle important dans la précision des essais ;
3) pour les plantes saisonnières, à courte durée de végétation, une forte concentration des chutes de pluie pendant les périodes culturales augmente le degré de précision des épreuves ;
4) enfin, les éléments déterminants sont la physiographie et le microrelief des champs d'essais.

226. *Précision des essais des différentes espèces végétales envisagées.*

Ici également, il est difficile d'établir des comparaisons valables, l'aire d'extension de chacune des cultures étant très différente. Une première comparaison d'ensemble est synthétisée au tableau 2.

23. Espèces arborescentes.

Le problème de l'expérimentation des variétés et des techniques culturales menée sur les plantes pluriannuelles (1) est plus simple que lorsque les plantes saisonnières sont éprouvées. L'influence du microrelief sur la précision est très atténuée du fait que chaque plant dispose d'un espace vital très vaste et qu'il est nécessaire d'établir sur plusieurs rendements annuels cumulés ces comparaisons entre variétés ou entre traitements culturaux si l'on veut leur donner une valeur représentative de la vie d'une plantation. Il s'ensuit que, d'une part, les différences entre les méthodes et les dispositifs sont moindres que dans le cas des plans appliqués aux plantes annuelles et que, d'autre part, des gains considérables de surface peuvent être réalisés par l'allongement de la durée du cycle des observations.

En fait, lorsque les analyses d'essais portent sur les données cumulées de 3 ou 4 années, il n'existe pratiquement pas de différences entre les schémas dans le champ des normes reprises ci-dessous.

Quoique le problème de la mise au point des essais sur les plantes arborescentes soit plus aisé que celui posé par la technique expérimentale sur les plantes saisonnières, il existe, entre les deux cas, certains éléments communs qui assurent la définition des plans les plus efficients. Dans les deux cas, une haute précision est assurée aux essais si l'on suit les normes suivantes :

— Petit nombre d'objets par bloc ;
— Parcelle de moyenne importance, mais longue et étroite ;
— Nombre de répétitions compris entre six et huit ;
— Observation ou répétition dans le temps couvrant trois ou quatre saisons.

(1) Examen d'essais à blanc sur Palmier à huile, caféier Robusta, caféier d'Arabie, et des essais comparatifs sur les mêmes plantes et sur le cacaoyer et le théier.

TABLEAU 2

Précision des essais en fonction de l'espèce et du milieu écologique (*)

	STATIONS														
	Yangambi	Mukumari	Keyberg	Bambesa	Gandajika	Kaniama	Lubarika	Kiyaka (vallée)	Kiyaka (plateau)	Mvuazi	Nioka	Kisozi	Mulungu	Rubona	Kibangula
Manioc	++			+	+		+	++	+	+	++		++	++	
Arachide	+++	++		++	+++		++	++	++	+++			+++	+++	+++
Riz	++	++					++			+					
Soja	++											+		+	
Maïs	+	+++	+	+++	+++		+	+++	+	++	++	+++	+	++	+++
Tournesol			++												
Pomme de terre			+			++						++	+	+	
Haricot							++				++	+++	+++	++	
Pennisetum purpureum			+												
Cotonnier				+++	+++		+++								+++
Tabac						+++									
Sorgho							+++				++	+	++	++	
Patate douce			+								++			+	
Canne à sucre							++								
Eleusine							++				++	++			
Pois												++	++		
Orge												+	+		
Froment												++	++		

(*) +++ : Essai très précis.
++ : Essai moyennement précis.
+ : Essai peu précis.

C'est, pensons-nous, dans la mesure où les plans relatifs aux blocs incomplets suivent de très près ces normes qu'ils parviennent à résoudre le problème complexe de l'efficience des expérimentations variétales et culturales.

24. Conclusions générales.

L'exposé historique et critique esquissé a fait ressortir la complexité de l'art de l'expérimentateur. L'efficience d'une méthode expérimentale ou d'un plan d'essais n'est pas seulement fonction des bases biométriques, ni même du soin apporté à exécuter des essais. Il faut, lors de la planification, tenir compte des nombreux facteurs qui influencent la précision et qui peuvent faire varier dans une large mesure les composantes du plan expérimental pour l'obtention d'une précision donnée.

Un plan d'essai réellement efficient est celui qui permet de préciser, avec le maximum d'objectivité, les limites dans l'espace et dans le temps de l'applicabilité des conclusions obtenues.

Les variables du problème sont nombreuses : choix de la méthode et du plan d'essai ; nombre d'objets ; forme et importance des parcelles et des blocs ; nombre de répétitions du plan ; répétitions dans le temps (nombre d'années d'observation) ; répétitions dans l'espace ; choix de l'échantillon de terrain représentatif de la formation pédologique à laquelle sont appliquées les conclusions. La résultante optimale de ces éléments doit être établie pour chaque espèce végétale dans le contexte des éléments écologiques, économiques et sociaux du lieu, en fonction des impératifs de l'expérimentation et des buts visés sur le plan de l'extension ou de la généralisation des conclusions de l'essai. De nombreux essais culturaux ne peuvent avoir de portée pratique que s'ils aboutissent à l'établissement de fonctions de production complexes, dotées de limites fiduciaires suffisamment étroites pour qu'elles puissent servir à préciser les niveaux économiques d'application des facteurs au fur et à mesure des fluctuations des prix de ceux-ci et de la valeur des produits.

Compte tenu des dimensions territoriales du Congo Belge et du Ruanda-Urundi, les moyens mis à la disposition des expérimentateurs resteront longtemps encore disproportionnés avec l'œuvre à accomplir.

Nous pensons qu'il s'agit ici d'un exemple typique de problèmes qui se résolvent dans l'esprit et par les méthodes de la recherche opérationnelle. Mais étant donné la grande variété des cas écologiques rencontrés à l'échelle de la région considérée, une formule adéquate ne peut être trouvée pour chaque condition que si l'expérimentateur d'une part, possède une connaissance suffisante de toutes les ressources des sciences biométriques et de la technique expérimentale et, s'il est,

d'autre part, suffisamment familiarisé avec les conditions de milieu des régions au profit desquelles les essais sont établis.

*
* *

Nous osons espérer que cette note introductive suscitera des études synthétiques du même type, mais plus fouillées, limitées à l'échelon régional et dressées par des expérimentateurs connaissant parfaitement le cadre physique des essais commentés.

BIBLIOGRAPHIE

1. Beirnaert, A. et Vanderweyen, R. Les graines sélectionnées livrées par la Station de Yangambi. Publication INEAC, Série technique, n° 28bis.
2. Bultot, F. Carte des régions climatiques du Congo belge établie d'après les critères de Köppen. Publication INEAC, Communication n° 2 du Bureau Climatologique, 1950.
3. Bultot, F. Risque d'années sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi. Publication INEAC, Communication n° 13 du Bureau Climatologique, 1957.
4. Cramer, P. J. S. Historique de la méthode Testatex. *Bull. Agric. Congo belge*, n° 3, 1951 et n° 2, 1952.
5. De Preter, E. Les essais locaux d'arachides au Sud du Congo belge, 1942 à 1956. *Bull. Agric. Congo belge*, 1957, n° 5.
6. Evers, E. La présélection des semenceaux en Hévéaculture. Publication INEAC. Série technique, n° 58, 1959.
7. Evers, E., Maertens, C. et Verbeke, R. Relations entre le climat, la phénologie et la production de l'Hévéa. Publication INEAC, Série scientifique, n° 82, 1959.
8. Ezekiel Mordecai. Methods of correlation analysis and regression analysis linear and curvilinear. 3e édition, John Wiley & Sons, Inc. Publishers.
9. Fisher, R. A. Statistical methods for research workers. Oliver and Boyd, Edimbourg, 1946.
10. Fisher, R. A. The design of experiments. Oliver and Boyd, Edimbourg, 1937.
11. Hutchinson, J. B. Studies in the technique of field experiments. I. Size, Shape and arrangements of plots. *Ind. Journ. Agric. Science*, IV, p. 523-539, 1935.
12. Hutchinson, J. B. et Kubergiengn. Studies in plant breeding technique. I. An analysis of efficience of selection and in the improvement of Malvicotton. *Ind. Journ. Agric. Science*, VI, 3, p. 672-684, 1936.
13. Lecomte, M., De Coene, R. et Courcelle, F. Observations sur les réactions du cotonnier aux conditions de milieu. Publication INEAC, Série scientifique, n° 49, 1951.
14. Kalambar, R. J. Experimental error and field plot technique with potatoes. *Journ. Agric. Science*, **22**, p. 373-385, 1932.
15. Mahalanobis, P. C. Statistical note on certain rice breeding experiments in the Central provinces. *Ind. Journ. Agric. Science*, II, 2, p. 157-169, 1932.

16. Mahalanobis, P. C. Auxiliary tables for Fisher's test in analysis of variance. *Ind. Journ. Agric. Science*, II, 6, 679-699, 1932.
17. Mahalanobis P. C. Rice and potatoes experiments at Sriniketan. *Ind. Journ. Agric. Science*, XI, 6, p. 694-704, 1932.
18. Mahalanobis, P.C. On the need of randomization of plots in field trials. *Ind. Journ. Agric. Science*, Delhi, III, 3, p. 549-552, 1933.
19. Mahalanobis, P. C. The use of random sampling numbers in agricultural experiments. *Ind. Journ. Agric. Science*, III, 6, p. 1108-1116, 1933.
20. Massibot, J. A. La technique des essais culturaux et des études d'écologie agricole. Tourcoing, 1946.
21. Möller, E. et Feichtinger, E. Der Feldversuch in der Praxis. Julius Springer, Vienne, 1929.
22. Opsomer, J. E. Recherches sur la méthodique de l'amélioration du riz à Yangambi. I. La technique des essais. Publication INEAC, Série scientifique, n° 12, 1937.
23. Opsomer, J. E. Notes techniques sur la conduite des essais avec plantes annuelles et l'analyse des résultats. Publication INEAC, Série scientifique, n° 14, 1947.
24. Opsomer, J. E. et Carnewal, J. Rapport sur les essais comparatifs de décorticage de riz, exécutés à Yangambi en 1936 et 1937. Publication INEAC, Série technique, n° 19, 1938.
25. Patterson, D. D. Experimentation and applied statistics for the pratical agriculturist. *Trop. Agricult.*, Trinidad, I, 10, 11 et 12, 1934.
26. Patterson, D.D. A note on the value of correlation and regression in statistical analysis. *Trop. Agricult.*, Trinidad, II, 7-9, 1934.
27. Patterson, D. D. Statistical Technique in agricultural research. MacGraw Hill, New-York et Londres, 1932.
28. Papadakis, J. Écologie agricole. Gembloux, Duculot, 1938.
29. Pichel, R. J. Premiers résultats en matière de sélection précoce chez l'hévéa. Publication INEAC, Série technique, n° 39, 1951.
30. Roemer, Th. Der Feldversuche. Eine kritische auf naturwissenschaftlich mathematicher Grundlage. Arb. Denis Landwirtsch heft, 302, 1939. Parey, Berlin.
31. Shaw, F.J.F. A handbook of statistics for uses in plant breeding and agricultural problems. Delhi, 1936.
32. Steyaert, R. L. Quelques données sur la physiologie de la capsule du cotonnier (en vue de l'étude de la Stigmatomycose). *Annales de Gembloux*, p. 305-332, 4e trim. 1950.
33. Stoffels, E. La sélection du Caféier arabica à la Station de Mulungu. Publication INEAC, Série scientifique, n° 25bis, 1942.
34. — Rapports annuels de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge (INEAC).
35. — Notes et rapports inédits de différents chercheurs INEAC.

Résumé.

Depuis la fondation de l'Institut National pour l'Etude Agronomique du Congo belge (I.N.E.A.C.), il y a 25 ans, les expérimentateurs ont fait un large emploi de l'outil biométrique.

Un aperçu des points saillants de l'application des sciences biométriques et des techniques expérimentales à divers problèmes de la recherche agronomique est donné.

Dans une première partie, quelques exemples typiques de mise au point de l'échantillonnage, d'études de populations et de corrélations simples ou multiples sont exposés. On met surtout l'accent sur quelques découvertes de grande portée économique qui ont été mises en évidence grâce à l'emploi de critères statistiques. En conclusion, il est suggéré une utilisation plus généralisée des méthodes d'analyse par les corrélations simples ou multiples, linéaires ou curvilignes.

Dans une seconde partie, on retrace l'évolution de la technique expérimentale en champ, de 1935 à 1955. L'examen d'environ 2.000 essais végétaux et culturaux et des conclusions de plusieurs essais à blanc ont permis de dégager quelques tendances touchant l'influence de divers facteurs sur la précision des essais.

L'attention est attirée sur la complexité de la définition de plans expérimentaux optimum et de dispositifs les plus efficients pour tous les cas écologiques, édaphiques et physiographiques rencontrés sur les territoires du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Ce problème ne sera idéalement résolu que si les expérimentateurs régionaux améliorent conjointement leur connaissance des sciences biométriques et des particularités propres aux milieux dans lesquels ils opèrent et s'inspirent de l'esprit et des méthodes des recherches opérationnelles.

Development of the biometrical and statistical Methods in the agricultural Research of Belgian Congo and Ruanda-Urundi

Summary.

Since the foundation of the National Institute for the Agricultural Study of Belgian Congo (I.N.E.A.C.), 25 years ago, the experimenters have widely used the biometrical tool.

The author gives an outline of the most important point of the application of Biometrics Science and experiments design to different problems of the agricultural research.

In the first part are described some typical examples of the adjusting of sampling techniques, studies of populations and simple or multiple correlations. The author particulary insists on some discoveries which have had a large effect on economy and that became evident by use of statistical concepts. As conclusion, it is suggested to use more generally the simple or multiple, linear or curvilinear correlations.

In the second part, the development, from 1935 to 1955, of experimental design in field, is recalled. The examination of about 2.000 vegetable and cultural trials and the study of the conclusions given in many uniformity

trials allowed to outline some trends concerning the action of different factors on the precision of the trials.

It is to pay attention on the complexity of the definition of « optimum experimental designs » and of « the most efficient appliance for all the ecological, and physiographical circumstances met in Belgian Congo and Ruanda-Urundi. The ideal solution of this problem will only be found if the local experimenters improve their knowledge of Biometry and of the own characteristics of their territory, and if they take account of the principles and the methods of the operational research.

Entwicklung der biometrischen und statistischen Methoden in der landwirtschaftlichen Forschung im belgischen Kongo und in Ruanda-Urundi

ZUSAMMENFASSUNG.

Seit der Gründung des nationalen Instituts für die landwirtschaftlichen Studien des belgischen Kongos (I.N.E.A.C.) vor 25 Jahren haben die Forscher weitgehend die biometrischen Kenntnisse angewandt.

Ein Überblick der hervorstehenden Punkte der Anwendung der biometrischen Wissenschaften und der Versuchstechniken in den verschiedenen Problemen der landwirtschaftlichen Forschung wird gegeben.

In einem ersten Teil werden verschiedene typische Beispiele der Probennahme, der Bevölkerungsstudien und der einfachen und vielfältigen Korrelation gegeben. Man betont vor allem einige Entdeckungen, die eine grosse ökonomische Bedeutung haben, und die man dank der statistischen Kriterien hat erkennen können. Schlussfolgernd hat man eine weitgehendere Anwendung der Analysemethoden durch die einfachen, vielfältigen, linearen oder kurvenförmigen Korrelationen vorgeschlagen.

In einem zweiten Teil wird die Entwicklung der Feldversuchstechnik von 1935 bis 1955 aufgezeichnet. Die Prüfung von ungefähr 2.000 pflanzlichen Versuchen und Anbauversuchen und die Schlussfolgerungen von mehreren Vergleichsversuchen haben es erlaubt, verschiedene Tendenzen herauszuarbeiten, die den Einfluss von verschiedenen Faktoren auf die Präzision der Versuche berühren.

Die Aufmerksamkeit ist auf die Zusammengesetztheit der Erklärung von optimalen Versuchsplänen und auf die wirksamsten Mittel für alle ökologischen, edaphischen und physiographischen Fälle gelenkt, die man in den Gebieten des belgischen Kongos und des Ruanda-Urundi antrifft. Dieses Problem kann in idealer Form nur gelöst werden, falls die regionalen Forscher gleichzeitig ihre Kenntnisse in den biometrischen Wissenschaften und in den Eigenheiten des Milieus, in dem sie arbeiten, verbessern und sich von dem Geist und den Methoden der operationalen Forschungen beraten lassen.

Développement des méthodes biométriques et statistiques dans la Recherche agronomique en Belgique [1]

par L. Martin

Chargé de Cours à l'Institut agronomique de l'État, Gembloux
Directeur du Bureau de Biométrie [2]

En 1835, notre compatriote Adolphe Quetelet était l'un des premiers à poser les principes de l'application de la statistique à la biologie et à dégager les grandes lignes de l'optique biométrique.

Sur le plan spécifiquement agronomique, les contributions les plus marquantes sont celles d'Achille Grégoire, Directeur de la Station de Chimie et de Physique agricoles de l'État à Gembloux (1912) et de Papadakis, Ingénieur agronome A.I.Gx. (1938).

Enfin, l'introduction officielle des méthodes biométriques et des principes d'expérimentation dans l'enseignement agronomique en Belgique date de 1949. C'est en effet à cette époque que le Ministère de l'Instruction Publique a décidé d'inscrire l'enseignement de ces matières au programme des cours des Instituts agronomiques. Je tiens à rappeler que l'idée d'un tel enseignement a pris naissance en particulier à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux : je saisis l'occasion qui m'est donnée ici de rendre hommage à Monsieur le Professeur émérite R. Mayné, Recteur de l'Institut à ce moment, qui a mis personnellement tout en œuvre pour que ce projet soit consacré.

Enseignement de la biométrie et des principes d'expérimentation.

L'enseignement de la biométrie et des principes d'expérimentation compte 30 heures de cours dont 50 % sont réservés aux travaux pratiques. Il est donné aux étudiants de 2e année d'ingénieur, à titre obligatoire pour les étudiants des groupes : agronomie tempérée, agronomie tropicale, eaux et forêts, et à titre facultatif pour les étudiants des groupes : chimie et industries agricoles, génie rural et horticulture.

(1) Paru dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, nos 3-4, pp. 157-166 (1960).

(2) Subsidié par l'Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.).

Cet enseignement porte sur les points suivants :

1. a) comparaison des effets de deux traitements : tests paramétriques (test de Student, test t par paire, analyse de la variance à un facteur et test F de Snedecor) et tests non paramétriques ;
   b) comparaison des effets de plusieurs traitements avec interactions : tests paramétriques (analyse de la variance à plusieurs facteurs et test F de Snedecor) ;
   c) analyse d'expériences factorielles : étude des effets de plusieurs traitements quantitatifs à différents seuils d'applications et contrôle de leurs interactions (analyse de la variance et test F de Snedecor) ;
   d) analyse d'expériences où les effets de certains traitements sont confondus avec les répétitions.

On introduit progressivement en cours d'exposé la notion d'hypothèses biologiques et statistiques, les modèles mathématiques sous-jacents aux analyses, la décomposition des variances, les tests de signification pour un groupe de moyennes, les contrastes et les polynômes orthogonaux, la transformation des données, des notions relatives à la sensibilité des tests (test uni- et bi-latéraux, erreurs de 1e, 2e et 3e espèce) et enfin la distinction à établir entre les facteurs qualitatifs et quantitatifs.

2. Plans complètement au hasard, en blocs au hasard, en carré latin, en « cross-over », en parcelles découpées (« split-plot designs ») ainsi qu'un aperçu des plans en blocs incomplets.
   Calcul de l'efficience relative de ces plans.

3. Biométrie proprement dite : lois d'allométrie.

Les travaux pratiques interviennent au cours de l'exposé sous forme d'applications agronomiques effectuées à l'aide de machines à calculer mécaniques et de machines à calculer électriques imprimantes. Les étudiants disposent de tables de Barlow (carrés, racines carrées,...), de tables de logarithmes, des tables de Fisher-Yates, ainsi que de papier millimétré et semi-logarithmique.

Cet enseignement a permis aux dix dernières promotions d'étudiants de notre Institut de s'initier à la biométrie et aux principes d'expérimentation. Ceux d'entre eux qui se sont orientés vers la recherche, sont ainsi à même de planifier leurs expériences les plus simples, d'en analyser et d'en interpréter correctement les résultats. Ils ont d'autre part une base en la matière qui leur permet d'effectuer avec profit des stages en biométrie ou de suivre des cours de perfectionnement. Des stages peuvent être effectués en Belgique, notamment au Bureau de Biométrie (I.R.S.I.A.). Par contre, il n'existe pas officiellement de

cours de perfectionnement ; à cet égard, on ne compte en Belgique qu'une seule initiative : le mérite en revient à l'Institut agronomique de l'État de Gembloux qui avait organisé en 1953, sous le rectorat du Professeur Tilkin, un cycle de cours post-universtaires suivis par une vingtaine d'ingénieurs agronomes du privé et de l'État ; malheureusement, cette initiative est restée sans lendemain de sorte qu'actuellement encore, nos jeunes gens désireux de se perfectionner sont obligés de se tourner vers des pays étrangers ; c'est pourquoi il est infiniment souhaitable de remettre cette question à l'ordre du jour et de lui trouver une solution qui serait profitable à tous.

Enfin, la biométrie suscite un grand intérêt parmi les agronomes : en effet, 50 % des membres de la Société Adolphe Quetelet et de la Biometric Society (Région Belgo-Congolaise) sont agronomes et les 2/3 d'entre eux sont de formation récente.

Bureau de Biométrie (I.R.S.I.A)

Peu après la création en Belgique d'un enseignement de la biométrie et des principes d'expérimentation dans les Instituts agronomiques, le Conseil d'Administration et les dirigeants de l'Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.) ont envisagé l'installation d'un Bureau de Biométrie.

L'I.R.S.I.A. a « pour objet de susciter, de promouvoir et d'encourager par voie de subsides, les recherches scientifiques et techniques susceptibles d'assurer le progrès de l'Industrie et de l'Agriculture ». Cette institution subventionne de très nombreux centres de recherches agronomiques qui sont tout naturellement amenés à tirer parti de la biométrie et des principes d'expérimentation. De ce point de vue, un bureau spécialisé et bien équipé est à même de leur faciliter la tâche. C'est dans ce but qu'une section de biométrie a été créée en décembre 1951 et dénommée Bureau de Biométrie à partir de 1953. La direction en a été confiée aux Professeurs L. Martin, titulaire de la Chaire de biométrie de l'Institut agronomique de Gembloux et G. Hirsch, titulaire de la chaire de mathématiques à l'Institut agronomique de Gand. Le siège du bureau est à Bruxelles (7, rue Héger-Bordet).

Depuis sa création, le Bureau de Biométrie a effectué des travaux (planification d'expériences et analyse biométrique des résultats) pour les centres de recherches suivants :

Centre belge d'étude des plantes médicinales
Centre de Chimie-physique agricole
Centre national de recherches herbagères et fourragères
Centre de recherches de Gorsem

Centre de recherches sur les maladies parasitaires des animaux domestiques
Centrum voor bosbiologie in de Limburgse Kempen
Comité d'application des méthodes isotopiques aux recherches agronomiques
Comité de conservation des fruits et légumes
Comité pour l'étude des maladies et de l'alimentation du bétail
Comité pour l'étude de la matière organique dans les sols belges
Comité pour l'étude des plantes ornementales
Comité d'étude du problème de l'azote
Comité pour l'étude scientifique et technique du lait et de ses dérivés
Comité national pour l'étude de la culture fruitière
Comité de recherches du fraisier
Comité de recherches sur les maladies des céréales
Fonds de la recherche sur la pomme de terre
Institut belge pour l'amélioration de la betterave
Institut de populiculture
Phytosociologische afdeling van het nationaal centrum voor botanisch onderzoek
Service pédologique de Belgique
Station voor Kleinveeteelt.

L'énumération de ces centres de recherches laisse deviner la diversité des problèmes biologiques et statistiques soumis au Bureau de Biométrie. J'en cite ci-après quelques-uns à titre d'exemples :

1) Analyse de données de masse.

Elaboration des tables alimentaires du Comité pour l'étude des maladies et de l'alimentation du bétail : dans chacune des régions agricoles belges, plusieurs échantillons d'aliments tels que foin, céréales, betteraves... ont été prélevés au cours de quelques années successives ; leur teneur en divers éléments minéraux et organiques ayant été déterminée, le rôle du Bureau de Biométrie consiste à calculer des moyennes pondérées par élément, aliment et région qui combinent les résultats des prélèvements effectués d'année en année dans différentes fermes ; la méthode utilisée est inspirée d'un article de W. G. Cochran (The combination of estimates from different experiments, Biometrics, 10, pp. 101-129, 1954).

Étude morphologique d'une variété de fraisier (M^me^ Moutot) réalisée par la Section I du Comité de Recherches du fraisier : le Bureau de Biométrie a pour tâche de codifier et d'interpréter les très nombreuses observations quantitatives et qualitatives effectuées sur une centaine de plantes.

Étude morphologique de la chicorée Witloof préalable à une sélection massale, réalisée avec la collaboration du Bureau de Biométrie dans le cadre de la Section II du Comité pour l'étude de la culture maraîchère.

2) Expériences a long terme.

Étude des effets secondaires de différents produits de lutte contre la tavelure du pommier : expérience à long terme (3 ans) entreprise en 1959 et planifiée conjointement par le Bureau de Biométrie et le Centre de Recherches de Gorsem.

Complexe d'expériences forestières à long terme effectuées en Campine par le « Centrum voor bosbiologie in de Limburgse Kempen » ; installé sur quelques dizaines d'hectares, il compte des essais comparatifs d'associations forestières, des essais d'écartements de plantation et des essais de fumures ; le Bureau de Biométrie a été chargé de la planification des expériences.

Expériences factorielles 2^3 de fumures NPK sur vergers planifiées par le Bureau de Biométrie à l'intention du Comité national pour l'étude de la culture fruitière.

3) Techniques d'échantillonnage.

Comparaison de techniques d'échantillonnage destinée à mettre au point un mode de prélèvement simple de feuilles de pommiers en vue de déterminer leur teneur en azote en fonction du poids de leur matière sèche ; le Bureau de Biométrie est intervenu dans l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus selon un plan conçu et exécuté par le Comité national pour l'étude de la culture fruitière (cfr. publication du Bulletin de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux, XXVI, n° 1-3, pp. 243-280, 1958).

Détermination du nombre minimum d'échantillons à prélever en vue d'estimer la teneur en azote de champs labourés et de champs non déchaumés : le Bureau de Biométrie a effectué l'analyse des résultats d'expériences conduites par le Comité d'étude du problème de l'azote.

Étude de méthodes d'échantillonnage de la betterave sucrière au cours de trois années successives et prévision de la récolte ; cette étude a été conduite par le Dr. Martin, Directeur du Bureau de Biométrie, en collaboration avec le Département agronomique de la Raffinerie tirlemontoise (Directeur : M. J. de Roubaix) et l'Institut belge pour l'amélioration de la betterave (Directeur : M. M. Simon) (cfr. : La Sucrerie Belge, n° 1-2, 39 pages, 1958)

4) Programme de sélection.

Étude de la croissance de 20 types de choux-fleurs planifiée et analysée par le Bureau de Biométrie en collaboration avec la Section I du comité pour l'étude de la culture maraîchère.

Tests de ponte des poules de types et races différentes en vue de leur sélection ; tests exécutés par le Bureau de Biométrie pour la « Station voor Kleinveeteelt ».

Étude morphologique de 16 types de chrysanthème en vue de leur sélection : plan double en blocs incomplets exécuté par le Bureau de Biométrie pour le Comité d'étude des plantes ornementales.

5) Essais biologiques.

Étude quantitative de la courbe de mortalité d'acares soumis à l'action du gammexane et du DNC (cfr. C.R. Société de Biologie, 152, 1026-8, 1958) ; cette étude a été effectuée en collaboration par le Bureau de Biométrie et le Centre de recherches sur les maladies parasitaires des animaux domestiques.

Analyse d'une expérience pilote réalisée par le Comité de recherches sur les maladies des céréales et destinée à comparer divers produits de lutte contre l'oïdium des céréales en vue de rechercher les sources importantes de variation et les moyens de rendre les essais ultérieurs plus sensibles.

6) Tests de qualité organoleptique.

Mise au point, par le Bureau de Biométrie, du plan et de l'analyse des résultats d'expertises de beurres exécutées par divers experts sous la direction du Comité pour l'étude scientifique et technique du lait et de ses dérivés.

Les travaux du Bureau de Biométrie sont exécutés à l'aide de machines à calculer électriques Madas par deux Ingénieurs agronomes spécialisés en biométrie et principes d'expérimentation. Certaines études sont effectuées à l'aide de machines à calculer mécanographiques ou de calculateurs électroniques. Le Bureau de Biométrie n'est pas équipé à cet égard, mais peut avoir recours à la machine électronique F.N.R.S.-I.R.S.I.A. Il est également aidé, à l'occasion, par le Centre National de Calcul Mécanique. Enfin, le personnel du Bureau s'est initié au cours de stages au fonctionnement des calculatrices 101 Burroughs et Elliott 802 National. Nous avons pu utiliser récemment cette dernière calculatrice électronique, ce qui nous a permis d'exécuter en 3 semaines un travail urgent ; sans cette intervention, l'analyse aurait occupé un assistant durant 3 mois.

Rôle de la Société Adolphe Quetelet en agronomie

Les origines de la Société Quetelet, région belgo-congolaise de la « Biometric Society », coïncident avec l'organisation en 1949 de l'enseignement de la biométrie à l'Institut agronomique. A cette époque en effet, j'ai pu assister au 2e Congrès International de Biométrie (Genève, février 1949) grâce au bienveillant appui de Monsieur le Recteur R. Mayné à qui rien d'essentiel n'est étranger. Puis en 1950, le Professeur D. J. Finney d'Oxford a été invité à donner un cycle de conférences sur la biométrie et l'expérimentation dans les Universités et Instituts agronomiques belges. Enfin, la Société Quetelet a été fondée en 1952 au moment de la création du Bureau de Biométrie de l'Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture et de la Division de Biométrie de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge. C'est assez dire le rôle que la Société Quetelet est amenée à jouer en agronomie. A titre d'illustration, je donne ci-après, la liste des manifestations scientifiques qu'elle a organisées en rapport direct avec l'agronomie au cours des dernières années :

Bruxelles, 21 mars 1953.

Première Journée Biométrique au cours de laquelle ont été donnés les exposés de biométrie agronomique suivants :

Les plans d'expérience, par le Prof. E. van der Laan de l'Institut agronomique de Wageningen (Hollande).

Détermination des variétés de poiriers par les fonctions discriminantes, par le Prof. A. Lecrenier et le regretté R. Klettenberg (†).

Analyse biométrique de l'évolution du nombre de folioles de la palme d'*Elaeis guineensis* Jaquin, par R. Vanderweyen, J. Stoffels et L. Martin.

Analyse d'une expérience factorielle sur la croissance du porc soumis à des rations contenant pénicilline et vitamine B_{12}, par L. Martin, L. Hennaux et J. Semal.

Application de la régression asymptotique à des problèmes d'exportation d'éléments minéraux du sol, par L. Martin, A. Van den Hende, A. Cottenie, A. Lenger et A. Rotti.

Une application de l'analyse de la variance en pédologie, par R. Gruber et R. Evrard.

Bruxelles, 29 septembre 1953.

The solution of a medical and an agricultural experiment with covariance, par le Prof. C. I. Bliss de l'Université de Yale (U.S.A.).

Bruxelles, 16 juin 1953.

Séance tenue à la Fondation Universitaire en présence de M. R. Lefebvre, Ministre de l'Agriculture, et consacrée aux problèmes d'amélioration de la betterave sucrière dans leurs rapports avec la biométrie.

— Introduction par le Dr. L. Martin.
— Exposé de M. N. Roussel sur le problème de l'expérimentation des variétés de betteraves et ses relations avec la biométrie.
— Exposé de M. R. Wauthy sur quelques applications de la biométrie aux essais sur betterave (expérimentation des engrais, mécanisation des travaux de printemps, etc...).

MM. Roussel et Wauthy sont chercheurs à l'Institut belge pour l'Amélioration de la betterave.

Bruxelles, 7 juillet 1954.

Méthodes biométriques dans l'analyse de la végétation, par le Prof. Ph. Bourdeau du N.C. State College (U.S.A.).

Yangambi, juillet-août 1955.

Cycle de 6 cours de perfectionnement donnés par le Dr. L. Martin aux chercheurs et expérimentateurs universitaires du Centre de Recherches de l'I.N.E.A.C. à Yangambi.

Cureghem, 21 décembre 1955.

Recherches pures et appliquées en nutrition animale, par le Prof. A. Lousse de l'École de Médecine Vétérinaire de Cureghem.

Bruxelles, 22 mars 1956.

Quelques commentaires à propos d'un voyage d'étude aux États-Unis, effectué sous les auspices de l'Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, par Mlle A. Lenger, Assistante au Bureau de Biométrie (I.R.S.I.A.).

Bruxelles, 19 décembre 1956.

Analyse et applications des séries temporelles, par M. H. Roggen de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge.

Bruxelles, 10 avril 1957.

La place dans l'expérimentation agricole des plans en blocs incomplets partiellement équilibrés, par M. R. Van den Driessche de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge.

Gembloux, 25 octobre 1957.

Théorie probabiliste du développement des populations biologiques

conçues comme conglomérations de familles, par le Prof. J. Neyman de l'Université de Californie, Berkeley (U.S.A.).

Le processus de Poisson à une ou deux variables aléatoires, par le Prof R. Consael de l'Université Libre de Bruxelles.

Bruxelles, 13 novembre 1957.

Séance organisée conjointement par la Société Quetelet et l'Association des Ingénieurs sortis de l'Institut agronomique de l'État à Gembloux et tenue dans le local de cette dernière.

La place de la méthode factorielle dans l'analyse empirique et semi-empirique des résultats expérimentaux, par le Dr. L. Martin.

Bruxelles, 11 décembre 1957.

Séance organisée conjointement par la Société Adolphe Quetelet et l'Association des Ingénieurs sortis de l'Institut agronomique de l'État à Gembloux et tenue dans le local de cette dernière.

Analyse d'un essai factoriel sur la betterave sucrière par la méthode des surfaces de réponses, par Mlle A. Lenger, Assistante au Bureau de Biométrie (I.R.S.I.A.).

Bruxelles, 9 septembre 1958.

Deuxième Journée Biométrique au cours de laquelle ont été donnés les exposés de biométrie agronomique suivants :

Some recent applications of multivariate analysis to data from fruit trees, par S. Pearce (Angleterre).

Einige Probleme der Bakteirenzählung, par H. Grimm (Allemagne).

Plant selection for yield improvement, par D. Finney (Écosse).

Problems arising in the planning of surveys of animal diseases, par F. Leech (Angleterre).

Enfin, la Troisème Journée Biométrique a pour thème l'évolution et les développements récents des Sciences biométriques dans le cadre des recherches agronomiques. Nous sommes particulièrement heureux d'associer, grâce à ce colloque, la Société Quetelet aux fêtes Commémoratives du Centenaire de l'Institut agronomique de l'État à Gembloux qui est le berceau de la biométrie en Belgique.

Résumé.

En 1835, notre compatriote Adolphe Quetelet était l'un des premiers à poser les principes de l'application de la statistique à la biologie et à dégager les grandes lignes de l'optique biométrique.

Sur le plan spécifiquement agronomique, les contributions les plus marquantes sont celles d'Achille Grégoire, Directeur de la Station de Chimie et Physique agricoles de l'État à Gembloux (1912) et de Papadakis, Ingénieur agronome A.I.Gx. (1938).

L'introduction officielle des méthodes biométriques et des principes d'expérimentation dans l'enseignement agronomique en Belgique date de 1949. L'Institut agronomique de Gembloux y a contribué pour une très large part. Il est devenu une pépinière de jeunes agronomes spécialisés en la matière.

En 1951, l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I.R.S.I.A.) a créé un Bureau de Biométrie. Il a pour mission de planifier, d'analyser et d'interpréter les expériences conduites par les nombreux centres de recherches agronomiques que l'I.R.S.I.A. subventionne.

Enfin, la Société Adolphe Quetelet, Association des Biométriciens de Belgique et du Congo, a été fondée en 1952. Elle constitue la Région belgo-congolaise de la « Biometric Society » et compte parmi ses membres 50 % d'agronomes travaillant en Belgique et au Congo.

Development of the biometrical and statistical Methods in the belgian agricultural Research

Summary.

In 1835, our compatriot Adolphe Quetelet was one of the first to work out the principles of the application of statistics to biology and to outline the general trend of biometrical methods.

On the specific agricultural point of view, the most prominent contributions were given by Achille Gregoire, head of the State Station of Agricultural Chemistry and Physics in Gembloux (1912) and by Papadakis, Agricultural Engineer A. I. Gx. (1938).

The biometrical methods and the experimental design have officially been introduced in 1949 in the belgian agricultural education. The Agricultural College of Gembloux contributed for a large part to this introduction. Many young agronomists schooled in this Institute, are actually specialised in biometry and experimental design.

In 1951, The Institut for the Encouragement of the Scientific Research in Industry and Agriculture (I.R.S.I.A.) has founded a Bureau of Biometry. It has to design, to analyse and to interprete the experiments which are performed by the many I.R.S.I.A. Stations for agricultural research.

Finally, the *Société Adolphe Quetelet*, Association of the Biometricians from Belgium and Congo, was founded in 1952. It is the Region of the Biometric Society for Belgium and Congo and 50 % of its members are agronomists working in Belgium and Congo.

Entwicklung der biometrischen und statistischen Methoden in der landwirtschaftlichen Forschung in Belgien

ZUSAMMENFASSUNG.

Im Jahre 1835 war unser Landsmann Adolphe Quetelet einer der ersten, der die Prinzipen der Anwendung der statistischen Rechnung in der Biologie eingeführt hat, und die grossen Linien der biometrischen Optik klar gemacht hat.

Auf spezial landwirtschaftlichem Gebiet sind es die Beiträge von Achille Grégoire, Direktor des « Station de Chimie et Physique Agricoles de l'État à Gembloux » (1912), und von Papadakis, Diplomlandwirt A. I. Gx. (1938), die vor allem bedeutend sind.

Die offizielle Einführung der biometrischen Methoden und der Prinzipen der Versuchsanstellung in dem landwirtschaftlichen Unterricht in Belgien stammt aus dem Jahre 1949. Das lanfdwirtschaftliche Institut von Gembloux hat zu einem grossen Teil dazu beigetragen. Es ist ein Saatbeet junger auf diesem Gebiet spezialisierter Landwirte geworden.

Im Jahre 1951 hat das Institut für die Förderung der wissenschaftlichen Forschung in der Industrie und in der Landwirtschaft (I.R.S.I.A.) ein Amt der biometrischen Wissenschaft gegründet. Dieses hat zur Aufgabe, die Versuche, die von den zahlreichen Zentren der landwirtschaftlichen Forschungen, die die I.R.S.I.A. subventioniert, ausgeführt werden, zu planen, zu analysieren und auszuwerten.

Schliesslich ist die Vereinigung Adolphe Quetelet, Vereinigung von Biometrikern aus Belgien und dem belgischen Kongo, im Jahre 1952 gegründet worden. Diese bildet die Kongo-belgische Gegend der « Biometric Society » und zählt unter seinen Mitgliedern 50 % von Landwirten, die in Belgien und im Kongo arbeiten.

L'emploi des méthodes biométriques dans l'étude et l'expérimentation des variétés de betterave sucrière en Belgique [1]

par M. Simon et N. Roussel

Directeur et Ingénieur à l'Institut Belge pour l'Amélioration de la Betterave, Tirlemont (Belgique)

Depuis 1932, année de sa fondation, l'Institut Belge pour l'Amélioration de la Betterave s'est constamment soucié de la valeur des variétés de betteraves sucrières vendues sur le marché belge.

Pendant longtemps les essais comparatifs de variétés ont été effectués suivant des dispositions systématiques.

Dans une répétition, un groupe de 7 à 10 variétés était disposé entre deux ou un multiple de deux parcelles représentant une ou plusieurs variétés choisies, qu'on appelait variétés témoins ou standards. La disposition, acquise pour une répétition, était reproduite fidèlement dans toutes les autres de telle sorte que toutes les répétitions présentaient la même configuration. Lors du calcul des résultats les rendements des 7 à 10 variétés étaient corrigés d'après le gradient de fertilité, c'est-à-dire que leur rendement était comparé au résultat obtenu par les variétés témoins ou standards.

Finalement, on calculait les déviations des rendements obtenues dans chaque répétition par rapport au rendement moyen de la variété et, en partant de certaines formules (Bessel et Pfeiffer), on affectait chaque variété d'une erreur probable.

Les inconvénients de cette méthode systématique étaient les suivants :

1) La superficie occupée par les standards est d'autant plus importante que le nombre de variétés est plus élevé et qu'il y a davantage de standards ;

2) L'erreur probable est surestimée parce qu'on n'a pas tenu compte de toutes les sources de variations contrôlables ;

3) Chaque variété est affectée d'une erreur probable basée sur les déviations par rapport au rendement moyen de telle sorte que toutes les comparaisons entre variétés doivent toujours se faire deux à deux ;

(1) Paru dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, nos 3-4, pp. 167-179 (1960).

4) Les comparaisons entre variétés sont peu précises parce qu'elles sont basées, comme nous l'avons vu, sur des erreurs surestimées. Ces comparaisons sont, par ailleurs, d'une précision inégale entre couples de variétés de telle sorte que des différences très nettes entre variétés ne se manifestent pas alors qu'elles existent réellement.

Pour étudier les problèmes intéressant les variétés sous leurs aspects les plus divers, l'Institut de la Betterave a utilisé durant les 10 dernières années plusieurs dispositifs expérimentaux basés sur l'application du principe de l'analyse de la variance, développée par Sir R.A. Fisher et ses collaborateurs.

1) Le « completely randomized design » est l'application la plus simple du principe de l'analyse de la variance et des méthodes statistiques. Pour une juste estimation des rendements et de la signification des résultats obtenus, les conditions suivantes doivent être remplies :

   a) Répéter les objets, afin de pouvoir déduire une estimation de l'erreur incluse dans le dispositif expérimental.

   b) Répartir les parcelles au hasard de telle façon que toute influence perturbatrice des multiples causes de variations groupées dans l'erreur ait autant de chances de s'exercer sur chacune des variétés.

   c) Contrôler les causes de variations pour chercher à abaisser le plus possible l'erreur expérimentale.

Le « completely randomized design » peut suffire lorsque les différents objets d'un essai peuvent être expérimentés sur une surface de champ plutôt restreinte, où l'hétérogénéité du sol est présumée ne pas avoir une influence déterminante sur les rendements.
Ce dispositif expérimental s'avère encore suffisant pour des essais d'orientation où la différence entre les objets expérimentés peu nombreux, est présumée très grande.

2) Dans le « randomized block design », on abaisse l'erreur expérimentale en contrôlant la plus importante des causes de variation susceptible d'ajouter son effet à celui de la cause à rechercher, à savoir les différences de fertilité entre blocs.

3) Dans la méthode du carré latin, on élimine la plus grande partie de l'hétérogénéité due au sol en répartissant les objets sur deux séries de bandes perpendiculaires entre elles.

Dans la méthode du carré latin, il y a trois causes contrôlées de variation de la fertilité : les lignes, les colonnes et les traitements, chacune agissant suivant le même nombre de modes d'intervention.

De plus, on suppose qu'il y a additivité entre les effets des lignes, des colonnes et des traitements.

Le dispositif en carré latin convient particulièrement pour la comparaison de 8 à 12 traitements.

Au contraire, la méthode convient mal à la comparaison d'un nombre élévé de traitements. Elle impose un cadre rigide comportant autant de répétitions que de traitements différents, de sorte que le nombre de parcelles et de répétitions s'élève rapidement avec le nombre d'objets.

4) Dans le carré greco-latin, un certain nombre de traitements ou variétés sont disposés en répétitions, non plus suivant deux dimensions (verticale et horizontale) comme dans le carré latin, mais suivant trois dimensions.

   Ceci implique le contrôle d'une nouvelle source de variation de la fertilité avec effet additif, ce qui diminue davantage l'erreur expérimentale.

   Comme dans le cas précédent, cette méthode convient très bien pour un nombre restreint de variétés, mais elle est restrictive à cause de l'arrangement en 3 dimensions.

5) Pour l'étude des problèmes concernant les variétés dans leurs rapports avec d'autres facteurs de croissance, on adopte les plans factoriels.

Dans le cas des essais de variétés de betteraves sucrières, les avis émis par la Commission des Races ainsi que les suggestions transmises à Mr le Ministre de l'Agriculture, en vue de la radiation éventuelle de la liste des races des variétés donnant des rendements insuffisants, doivent être basés sur des résultats solidement établis et statistiquement irréprochables.

Pour ces diverses raisons, l'Institut de la Betterave effectue chaque année, pour le compte du Ministère de l'Agriculture, trois champs d'essais comparatifs de variétés, situés dans trois régions différentes de notre pays.

Chaque année, nous devons faire appel à la méthode factorielle pour établir à partir des trois champs d'essais les résultats moyens des variétés et l'analyse d'ensemble des essais.

Pour obtenir des conclusions plus générales et plus sûres encore, il serait même souhaitable d'effectuer durant trois ou quatre années les mêmes essais de variétés, c'est-à-dire en maintenant rigoureusement, durant les années considérées, les mêmes variétés et le même plan expérimental.

Ceci n'a pas pu être effectué jusqu'à présent, attendu que la liste des variétés à expérimenter change chaque année en raison des nou-

velles admissions ou des radiations qui sont faites par la Commission des Races du Département de l'Agriculture.

Pour l'étude comparative de nombreuses variétés où chaque paire d'objets doit pouvoir être comparée avec une égale précision, des plans expérimentaux autres que ceux dont il a été question jusqu'à présent sont mieux indiqués ; ce sont les plans expérimentaux avec objets subdivisés en blocs incomplets totalement ou partiellement équilibrés.

Dans ces plans expérimentaux, comme leur dénomination l'indique, les objets sont disposés en un certain nombre de blocs ou groupes plus petits qu'une répétition complète, de façon à pouvoir éliminer l'hétérogénéité du sol sur une plus grande échelle que dans les plans expérimentaux développés précédemment.

On réduit donc les dimensions des blocs en les fractionnant mais sans sacrifier pour autant toutes ou une partie des informations relatives à certaines comparaisons entre variétés. Ceci constitue encore un progrès par rapport à la méthode du confounding dans les essais factoriels où le nombre d'objets peut être aussi grand, si pas plus grand, que dans le cas des essais de variétés, mais où on sacrifie une partie ou la totalité de certaines informations pour obtenir davantage de renseignements et de précisions sur le sujet que l'on recherche.

En disposant les variétés au hasard en blocs incomplets et en les équilibrant entièrement ou partiellement, on substitue à la disposition complète des blocs au hasard une disposition au hasard partielle et ordonnée. On impose donc une ou plusieurs restrictions.

Quand on analyse des résultats par la méthode des moindres carrés, toutes ces restrictions deviennent, pour les besoins de la cause, des propriétés. Elles ont comme conséquence :

1) d'introduire dans le schéma de l'analyse de la variance de nouvelles sources de variations contrôlées, notamment :
   a) l'effet des blocs à l'intérieur des répétitions,
   b) l'interaction « blocs × variétés » ;
2) de réduire ainsi l'erreur expérimentale ;
3) d'augmenter la précision des essais en corrigeant en connaissance de cause les rendements moyens des variétés. Nous y reviendrons plus loin, et
4) last but not least, de comparer chaque paire d'objets avec une précision approximativement égale nonobstant le fait que les différences entre blocs peuvent être assez conséquentes, surtout lorsque de nombreux blocs de dimensions réduites sont éparpillés sur une surface très grande de champs d'essais.

*
* *

Il faut savoir gré aux biométriciens d'avoir développé un très grand nombre de plans expérimentaux en blocs incomplets et d'avoir mis ainsi à la disposition des agronomes, se consacrant à la recherche appliquée, un matériel abondant, dans lequel ceux-ci peuvent puiser pour mener à bien leurs travaux de recherches.

En marge de l'étude des problèmes concernant les variétés et du contrôle de leur valeur respective dans des essais comparatifs, effectué suivant des plans expérimentaux déterminés, il arrive à l'Institut de la Betterave de s'arrêter à quelque aspect particulier de l'expérimentation en champs d'essais.

Dans ce qui suit, nous examinerons successivement :

A) la comparaison des résultats de deux champs d'essais comparatifs de variétés, effectués suivant deux méthodes expérimentales différentes ;

B) le comportement des variétés aveugles durant les dernières années ;

C) la possibilité éventuelle d'établir un schéma plus ou moins détaillé de la fertilité du sol de l'assise des champs d'essais.

I. — Champs d'essais comparatifs de variétés, effectués suivant deux méthodes expérimentales différentes

1951 a été pour l'Institut de la Betterave une année de transition dans la manière de concevoir le contrôle et l'expérimentation des variétés. En effet, au cours de cette année, l'Institut a effectué deux champs d'essais comparatifs de variétés suivant deux méthodes différentes d'expérimentation. Chaque champ d'essais comprenait 49 objets identiques.

Dans un champ, les objets étaient disposés suivant la méthode systématique traditionnelle tandis que pour l'autre champ d'essais, on avait adopté un « lattis équilibré 7 × 7 ».

Dans un champ comme dans l'autre, les parcelles avaient les mêmes dimensions et chaque objet était répété huit fois.

Les données du tableau ci-dessous permettent de constater que le parallélisme entre les résultats des deux champs d'essais est insuffisant.

Ceci résulte indubitablement du fait de l'utilisation de deux méthodes d'expérimentation différentes.

En effet, nous verrons plus loin qu'on obtient une très grande concordance entre deux champs différents lorsqu'on utilise la même méthode et le même plan expérimental.

Les résultats pour 14 variétés figurent dans le tableau suivant :

Champs d'essais de variétés, effectués en 1951, à

Méhaigne.

Plan expér. : « 7 × 7»
balanced lattice
Semis : 20 avril
Arrachage : du 8 au 20 novembre
Répétitions : 8.

Grand Rosière.

Disposition systématique
Semis : 18 avril
Arrachage : du 8 au 24 octobre
Répétitions : 8.

N° des variétés	Rendements en racines kg/ha	Significatif par rapport à la/ou aux variétés n°s	Rendements en racines kg/ha	Erreur suivant formule de Pfeiffer ±e	Significatif par rapport à la/ou aux variétés n°s
1	52.438	—	44.743	950	—
2	51.338	—	40.895	1.024	—
3	51.288	—	41.167	893	—
4	49.063	1	36.972	818	1, 3
5	48.825	1	37.894	580	1, 3
6	48.413	1	39.343	1.019	1
7	47.825	1, 2, 3	38.807	395	1
8	47.788	1, 2, 3	39.081	703	1
9	47.725	1, 2, 3	37.605	664	1, 3
10	47.050	1, 2, 3	39.048	885	1
11	45.525	1, 2, 3, 4, 5	36.771	469	1, 2, 3, 7
12	45.438	1, 2, 3, 4, 5	36.947	780	1, 2, 3
13	42.763	1, 2, 3, 4, 5, 6 7, 8, 9, 10	34.759	616	1, 2, 3, 4, 5, 6 7, 8, 9, 10
14	42.638	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	38.128	699	1,13

$d \cdot s = t_o \cdot s_d$ (erreur standard) $d \cdot s = M_A - M_B \geqslant 3\sqrt{e_A^2 + e_B^2} = 3.280$ Kg

II. — Le comportement des variétés aveugles durant les dernières années

Une variété aveugle est une variété identique à une autre, déjà comprise dans la liste des variétés à expérimenter. Elle provient d'un même échantillon de graines qui, après un mélange intime, a été divisé en deux sous-échantillons identiques avant la numérotation des variétés par les délégués du Ministère de l'Agriculture.

Cette opération revêt une importance capitale, puisque à partir de ce moment les variétés de betteraves sont désignées par des numéros d'ordre.

Il en sera ainsi jusqu'à ce que tous les calculs soient terminés et que les résultats soient examinés à l'occasion d'une réunion qui se tient à la mi-décembre au Ministère de l'Agriculture en présence des délégués des parties intéressées. C'est seulement alors que l'anonymat des variétés expérimentées est levé.

Cette manière de procéder donne aux essais un caractère d'objectivité absolue qui doit être de règle.

Mais revenons-en aux variétés aveugles, qui servent à contrôler la validité des essais.

Comme il s'agit de graines identiques, les résultats des deux échantillons d'une même variété figurant en double dans les essais doivent être assez voisins pour tous les critères de rendements. De toute façon les écarts doivent rester inférieurs aux plus petites différences significatives correspondantes.

L'examen du tableau suivant montre que le nombre de variétés aveugles varie chaque année en fonction du nombre de variétés à expérimenter et du plan expérimental qu'on adopte.

Le comportement des variétés aveugles dans les essais comparatifs de variétés de betterave sucrière, effectués en Belgique de 1952 à 1959.

Années	Nombre de		Résultats aberrants pour une probabilité de	
	variétés aveugles	résultats	P=0,05	P=0,01
1952	2	32	—	—
1953	3	48	—	—
1954	5	120	3	—
1955	6	144	4 (+1)	1
1956	5	80	2	—
1957	5	160	5 (+3)	1 (+2)
1958	3	96	1	—
1959	4	128	2 (+2)	2 (+1)
Totaux	—	808	17 (+6)	4 (+3)

Entre parenthèses, résultats provenant soit des rendements en sucre élaboré, soit des moyennes de plusieurs champs d'essais et qui résultent indirectement d'essais faits antérieurement. On remarquera que, durant les 8 années s'échelonnant de 1952 à 1959, on a enregistré pour une probabilité de 95 %, 23 résultats aberrants sur 808. Pour une probabilité de 99 %, 7 résultats seulement sont aberrants sur 808.

Les différences entre les rendements des variétés aveugles et des variétés correspondantes sont donc inférieures, dans la presque totalité des cas, aux limites fiduciaires permises.

Ceci est un résultat remarquable, dont il convient de souligner toute la portée.

Les résultats des essais de variétés de betterave sucrière exercent, en effet, une influence prédominante sur le marché des graines de betterave en Belgique, attendu qu'ils sont publiés, au début de l'année, dans les principaux journaux agricoles.

Il est donc essentiel, vu les intérêts commerciaux qui sont en jeu, que les résultats des essais soient entourés de toutes les garanties désirables, tant sur le plan scientifique que sur le plan de l'impartialité.

III. Possibilité éventuelle d'établir un schéma plus ou moins détaillé de la fertilité du sol des champs d'essais.

Les champs d'essais, effectués par l'Institut de la Betterave suivant les méthodes nouvelles d'expérimentation peuvent être utilisés à d'autres fins que celles auxquelles ils sont destinés en ordre principal.

En effet, depuis quelque temps nous essayons d'établir pour chaque champ d'essais, effectué par l'Institut de la Betterave, un schéma de la fertilité de l'assise du champ d'essais.

Ces schémas de la fertilité du sol de nos champs d'essais serviront ensuite de point de départ pour établir la valeur agronomique de différents types de sol assez voisins.

L'exemple d'un champ d'essais préalables de variétés, de surface restreinte, illustrera la façon dont on procède pour établir un schéma de la fertilité du sol.

Dans ce champ d'essais nous avons expérimenté 6 variétés nouvelles en 10 répétitions.

Il y avait donc 60 parcelles de 39 m² chacune, soit au total une surface de 24 ares.

(Le plan expérimental adopté était un carré de Youden (Youden Square), répété deux fois et présentant les caractéristiques suivantes :

$$t = b = 6$$
$$K = r = 5$$
$$E = 96).$$

Le tableau suivant montre la configuration générale du champ et la disposition des objets en 6 blocs de 10 parcelles (en réalité 12 blocs de 5 variétés).

1959. Werken — Schéma de la fertilité du sol.

FIG. 1. — **Rendements en racines**

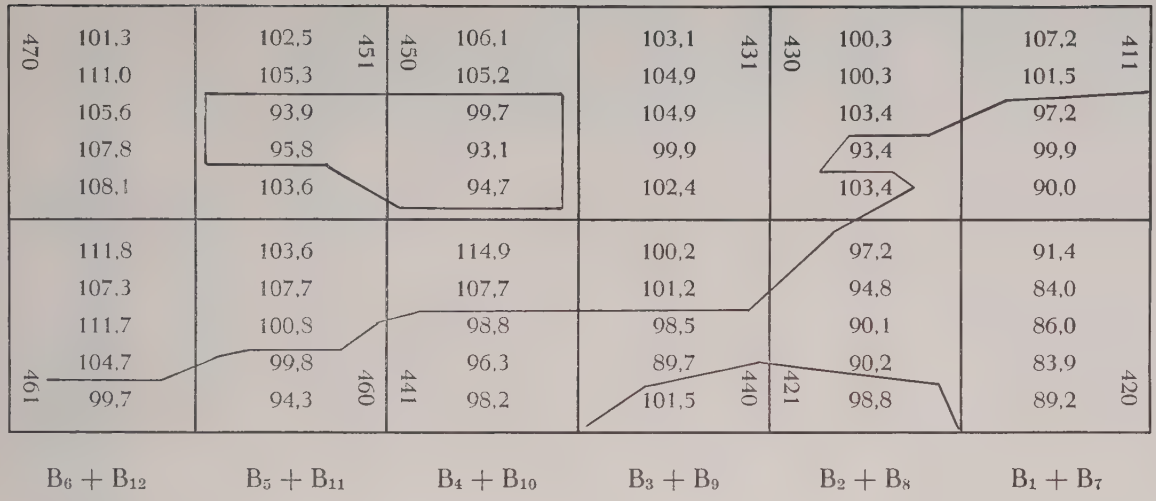
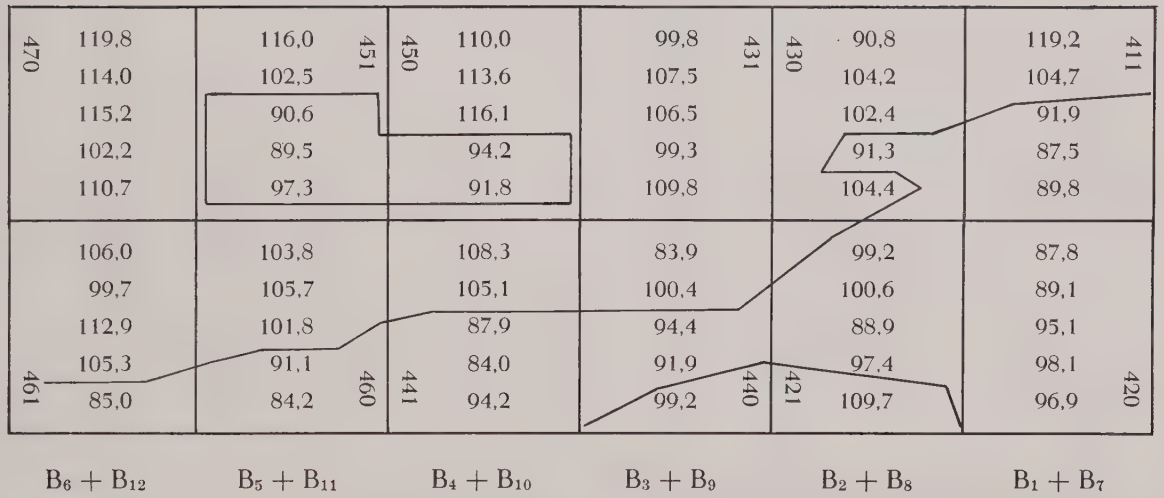


FIG. 2. — **Rendements en feuilles et collets**



Pour atteindre l'objectif que l'on s'est assigné, on attribue au rendement moyen non corrigé de chaque variété la valeur 100. On calcule ensuite pour chaque variété les valeurs relatives des différentes parcelles correspondant aux 10 répétitions de la variété dans le champ.

La reproduction, sur le plan original du champ d'essais, de tous ces chiffres relatifs permet finalement de rassembler toutes les parcelles dont les rendements relatifs sont inférieurs à la moyenne et celles où les résultats sont supérieurs à la moyenne.

Ce schéma de la fertilité du sol permet de constater que de grandes variations peuvent exister au sein d'un même champ et qu'il est donc indispensable, pour ce motif, de faire appel à un plan expérimental convenable pour pouvoir juger de la valeur réelle des variétés qui y sont expérimentées.

Conclusions

Les méthodes biométriques dont on dispose à l'heure actuelle, constituent un progrès remarquable par rapport aux anciens schémas d'expérimentation.

Leur application nous a permis de résoudre le difficile problème de l'expérimentation d'un grand nombre de variétés, tout en assurant à ces essais le degré de précision voulu à partir d'un contrôle rigoureux basé sur les variétés aveugles.

L'Institut de la Betterave est donc heureux de pouvoir exprimer, à l'occasion de ce colloque international sur l'évolution et les développements récents des sciences biométriques dans le cadre des recherches agronomiques, sa profonde gratitude à tous ceux qui ont assuré la mise au point de ces procédés modernes d'expérimentation.

Il nous est particulièrement agréable d'exprimer nos plus vifs remerciements au Dr L. Martin, qui a été et qui reste pour nous un conseiller précieux.

Résumé.

L'Institut Belge pour l'Amélioration de la Betterave s'est constamment soucié de la valeur des variétés de betterave sucrière cultivées en Belgique.

A partir de 1950, les essais de variétés ont été réalisés selon de nouvelles méthodes, basées sur la répartition au hasard des parcelles et l'analyse statistique des résultats.

Pour des essais d'orientation où le nombre d'objets est plutôt restreint on peut adopter :

— la méthode des « blocs au hasard » (lorsque le nombre d'objets est inférieur à 8), ou encore

— les carrés latins ou gréco-latins lorsque le nombre de variétés est compris entre 8 et 12.

Pour l'étude des problèmes concernant les variétés dans leurs rapports avec d'autres facteurs de croissance, le choix se porte sur des plans factoriels avec ou sans confounding.

Lorsque le nombre de variétés ou de combinaisons de facteurs à étudier ou à comparer dans un même essai comparatif est très élevé, il faut adopter des plans expérimentaux plus développés.

On fait appel, dans ce cas, à la méthode des blocs incomplets où la disposition des objets et des parcelles en blocs de petite ou de grande envergure est ordonnée de telle façon que l'on peut utiliser au maximum les avantages qui découlent du confounding.

Les possibilités de ce mode expérimental sont très vastes depuis les « blocs parfaitement équilibrés » en passant par les « blocs partiellement équilibrés », les « lattis simple, triple ou cubique », les « blocs incomplets équilibrés », les « lattis carrés » et les « carrés latins incomplets ou carrés de Youden ».

Le choix de plans expérimentaux adéquats et les méthodes biométriques d'analyse des résultats permettent d'obtenir une concordance remarquable entre 3 grands essais de variétés effectués chaque année dans des régions différentes de notre pays.

C'est une conclusion que l'on ne pouvait atteindre avec les anciennes méthodes d'expérimentation avec disposition systématique des parcelles.

The Use of Biometry in the experimentation of sugar-beet varieties in Belgium

SUMMARY.

The Belgian Institute for the Improvement of the Beet has always had the greatest care for the value of the sugar-beet varieties in Belgium.

Since 1950 the variety trials are carried out according to new designs based upon plot randomization and statistical analysis of the results.

In the case of small trials, in which the number of treatments is rather limited, one can adopt the randomized block-method (when there are less than 8 treatments) or the latin or graeco-latin squares when the number of treatments lies between 8 and 12.

Factorial experiments, with or without confounding, are most appropriated to investigate problems concerning varieties with regard to other growth factors.

When the number of treatments is large, or when the combination of factors to investigate in a single trial is very important, some more developed experimental designs must be chosen.

One uses, in this case, incomplete block designs in which the lay-out of treatments or plots is made in such a way in small or large groups that confounding can be used with its full advantage.

The possibilities of this experimental design are very large, namely : balanced designs ; partially balanced designs ; simple, triple and cubic lattices ;

balanced incomplete blocks ; lattice-squares and incomplete latin-squares or Youden-squares.

The choice of appropriate designs as well as the statistical analysis of the results are responsible for a remarkable concordance between three large variety trials, carried out each year in different areas of our country.

This conclusion would not have been possible with the former systematic designs.

Die Anwendung von biometrischen Methoden in den Studien und Versuchen der Sorten der Zuckerrübe in Belgien

ZUSAMMENFASSUNG.

Das belgische Institut für die Verbesserung der Rübe hat sich fortlaufend mit dem Wert der Zuckerrübensorten, die in Belgien angebaut werden, befasst.

Seit 1950 wurden die Sortenversuche nach neuen Methoden, die sich auf die Zufallsverteilung der Parzellen und der statistischen Analyse der Ergebnisse gründen, ausfgeführt.

Für Orientierungsversuche, wo die Anzahl der Objekte begrenzt ist, kann man folgende Methoden anwenden :

— die Methode der Zufallsblöcke (falls die Anzahl der Objekte geringer als acht ist), oder

— die lateinischen oder griechisch-lateinischen Quadrate, falls die Anzahl der Sorten zwischen 8 und 12 liegt.

Für die Studien der Probleme, die die Sorten in Beziehung zu anderen Wachstumsfaktoren behandeln, wählt man faktoriale Pläne, mit oder ohne « confounding ».

Falls die Anzahl der Sorten oder die Verbindungen der Faktoren, die in einem Vergleichsversuch zu studieren oder zu vergleichen sind, sehr zahlreich sind, muss man weitläufigere Versuchspläne entwickeln.

In diesem Fall bedient man sich der Methode der unvollständigen Blöcke, wo die Verteilung der Objekte und der Parzellen in Blöcken von kleinen oder grossem Umfang so gehandhabt ist, dass man im Höchtsmass die Vorteile, die sich aus dem « confounding » ergeben, ausnutzen kann.

Die Möglichkeiten dieser Versuchsanordnung sind sehr weitgehend, von den « vollkommen ausgeglichenen Blöcken » an, über die « teilweise ausgeglichenen Blöcke », die « einfachen, dreifachen oder kubischen Latten », die « unvollständig ausgeglichenen Blöcke », die « Quadratlatten » und die « unvollständigen lateinischen Quadrate oder Quadrate von Youden ».

Die Wahl der sich eignenden Versuchsanordnung und die biometrischen Methoden der Analyse der Ergebnisse ermöglichen es, eine bemerkenswerte Übereinstimmung in drei grossen Sortenversuchen, die jedes Jahr in verschiedenen Gegenden unseres Landes ausgeführt werden, zu erzielen.

Dieses ist eine Schlussfolgerung, die man nicht mit den alten Versuchsmethoden der systematischen Verteilung der Parzellen, erzielen konnte.

Les méthodes d'échantillonnage en sylviculture [1]

par Anne Lenger
Ingénieur des Eaux et Forêts A.I.Gx. (Belgique)

Introduction

Les méthodes statistiques d'échantillonnage sont largement appliquées au recensement des forêts depuis deux ou trois décades dans plusieurs pays étrangers. En revanche, elles n'ont jamais été utilisées en Belgique.

Comment expliquer ce fait ?

On remarque que les méthodes statistiques d'échantillonnage sont particulièrement à l'honneur dans les régions très boisées et relativement peu habitées, où la sylviculture est extensive et où le bois conditionne pour une grande part l'économie nationale ; c'est le cas, par exemple, des pays nordiques d'Europe et de l'Amérique du Nord. Ces méthodes sont également introduites dans les pays neufs, tels que ceux d'Afrique centrale, où de nombreux massifs forestiers sont restés vierges et peu explorés. De part et d'autre, il est indispensable d'établir le relevé du matériel sur pied des forêts en vue de leur aménagement et de leur exploitation rationnels. Mais il va sans dire que des recensements exhaustifs sont irréalisables. C'est pourquoi l'on procède par voie d'échantillonnage statistique ; depuis la seconde guerre mondiale, on a de plus en plus recours également aux photographies aériennes dont l'interprétation délicate est l'objet de très nombreuses et fructueuses études.

La Belgique ne répond à aucun des critères que je viens de citer. Le pays est exigu et la population est dense ; la forêt n'occupe que le cinquième du territoire et son incidence sur l'économie nationale est secondaire ; enfin, la sylviculture est pratiquée de manière intensive. De plus, 54 % des forêts appartiennent à des propriétaires privés et plus de la moitié de ces bois est formée d'unités de gestion égales ou inférieures à 50 Ha ; leur recensement n'est généralement exécuté qu'occasionnellement lors d'une vente de la superficie par exemple ou du règlement d'une situation juridique particulière requérant une expertise du bien ; en tout état de cause, la superficie à inventorier

(1) Paru dans *Biométrie-Praximétrie*, Tome I, nos 3-4, pp. 181-192 (1960).

n'est jamais importante au point que l'on doive envisager le recours à l'une ou l'autre méthode d'échantillonnage. D'autre part, 46 % des forêts appartiennent à l'État belge, aux provinces, aux communes ou à des établissements publics et sont régies par l'Administration des Eaux et Forêts de l'État : ces forêts constituent souvent des massifs importants et couvrent parfois quelques milliers d'hectares d'un seul tenant ; mais là encore et bien que des recensements soient prévus à intervalles de temps réguliers, on n'a jamais ressenti de manière pressante la nécessité d'utiliser des méthodes d'inventaires partiels par sondage.

Cette situation n'empêche cependant pas que l'on pense à introduire ces méthodes en Belgique. C'est pourquoi j'ai entrepris sous la direction de MM. les Professeurs L. Martin, J. Fouarge, M. Boudru et sur les conseils de M. A. Galoux — une recherche consacrée au problème des inventaires forestiers par échantillonnage. Outre l'intérêt qu'une recherche de ce genre présente du point de vue théorique, je la crois également utile sur le plan pratique. Il est incontestable en effet que les recensements exhaustifs sont d'exécution lente et fastidieuse ; cette dernière caractéristique peut être à l'origine d'erreurs involontaires. Par contre, les inventaires partiels par sondage sont en principe plus rapides ; leur exécution est souvent moins automatique et, de ce fait, moins fastidieuse. Mais ceci reste à prouver dans le cas des massifs forestiers belges en conditions normales. Dans l'affirmative, il convient de rechercher quels sont les procédés les plus expéditifs et susceptibles de conduire à une estimation juste et précise du volume de bois par catégorie de grosseur et par essence.

Plan de la recherche en cours

L'étude critique que j'ai entreprise à propos de ces méthodes est appliquée à la forêt domaniale d'Anlier (1), dans le sud de la province de Luxembourg (Belgique). Il s'agit d'une futaie feuillue (hêtres et chênes) de 5.487 Ha, traitée à la rotation de 12 ans et scindée en 4 séries de 12 coupes chacune. Le passage en coupe ordinaire s'effectue donc annuellement en 4 endroits dispersés dans le massif selon la carte du

(1) Je remercie très vivement M. A. Herbignat, Directeur Général de l'Administration des Eaux et Forêts, d'avoir bien voulu m'accorder l'autorisation d'effectuer ma recherche en forêt domaniale d'Anlier. Je remercie également M. H. Mathurin, Ingénieur principal à Arlon, de l'intérêt confraternel et amical qu'il manifeste à l'égard de ce travail et M. F. Dal, Chef de cantonnement à Habay-la-Neuve, de l'aide précieuse et efficace qu'il m'apporte dans sa réalisation.

graphique I. L'aspect du peuplement varie d'une coupe à l'autre, voire même au sein des coupes, tant par le type de la futaie que par la forme des arbres : la futaie est de type régulier ou en voie de jardinage selon les endroits ; les arbres sont en général de bonne venue et de forme régulière sur les plateaux et particulièrement dans les zones qui étaient jadis inaccessibles à la population ; ailleurs, ils sont plus ou moins bas branchus et de formes moins régulières.

La forêt d'Anlier est une des forêts belges où l'application des méthodes d'inventaires partiels par sondage pourrait s'avérer économiquement intéressante et ce, pour deux raisons :

a) il s'agit d'un des massifs boisés les plus importants de Belgique,

b) un recensement exhaustif y est entrepris : il est effectué annuellement sur le 12^{e} de la surface au moment du martelage des coupes ordinaires.

Premier objectif de la recherche

Mon premier objectif est de rechercher un ou plusieurs modes pratiques d'échantillonnage basés sur la circonférence des arbres à hauteur d'homme ou la surface terrière, permettant de reproduire avec une justesse et une précision connues l'histogramme de répartition des arbres de la forêt (par essence et globalement) en fonction des catégories de grosseurs.

1. Parcelles d'essai.

Pour atteindre cet objectif, il faut établir au préalable le relevé exact du nombre d'arbres par essence et de leur circonférence de telle manière qu'il soit ensuite possible de comparer entre elles les méthodes d'échantillonnage, que ce soit par pied d'arbre ou par placette, et encore au hasard, systématiques ou stratifiées. La façon la plus efficace de procéder consiste, à mon sens, à transposer sur plan la situation précise des arbres de la forêt. Après en avoir mesuré la circonférence, on est en mesure d'exécuter en chambre l'étude comparative prévue : d'une part, la population à inventorier par échantillonnage est connue avec exactitude et d'autre part, on ne rencontre aucune difficulté à essayer toutes les méthodes possibles de recensements partiels par sondage.

Cependant, le relevé du plan que je viens de décrire n'est humainement réalisable que sur une surface limitée. C'est pourquoi j'ai été amenée à choisir deux parcelles d'essai de 16 Ha chacune (400 $\times$ 400 m) : l'une de ces parcelles est circonscrite dans une zone de la forêt d'Anlier actuellement en voie de jardinage et localisée dans la coupe VIII

GRAPHIQUE I

Carte de la forêt domaniale d'Anlier (5487 Ha) : 4 séries de 12 coupes numérotées de I à XII (le millésime noté entre parenthèses indique l'année de passage en coupe ordinaire) ; les parcelles d'essai sont installées dans les coupes VIII (1962) et V (1971) de la série S. E. ; les délivrances des coupes hachurées seront utilisées pour l'élaboration des tables de cubage.

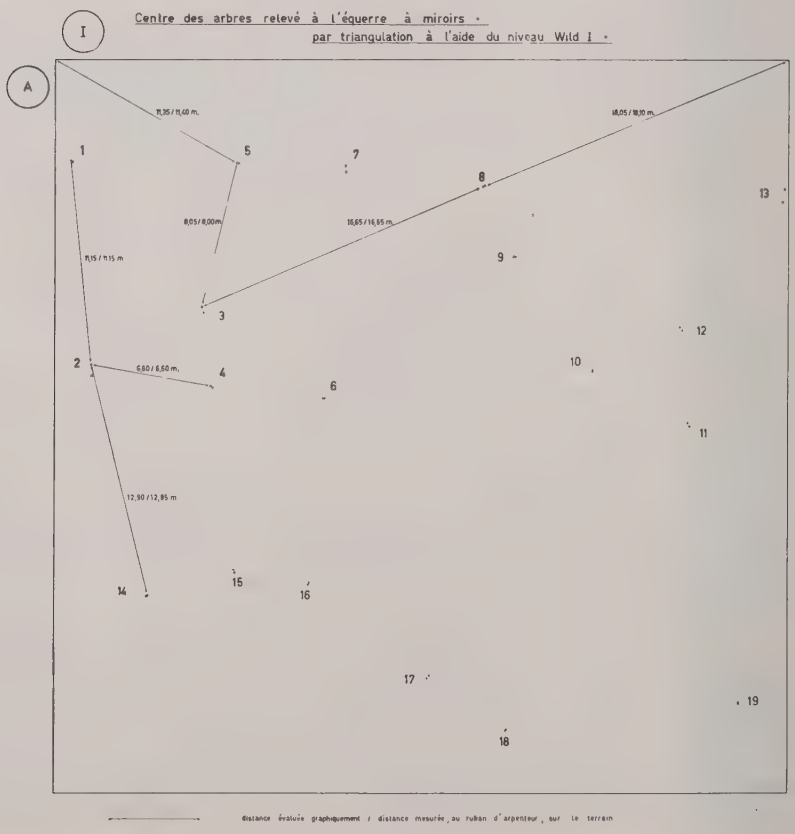
(1962) de la série S.E. ; l'autre parcelle est délimitée dans une futaie régulière et localisée dans la coupe V (1971) de la série S.E. [cfr. carte du graphique I].

Le relevé topographique des arbres est exécuté par triangulation à l'aide d'un théodolite ou d'un niveau en terrain plat, mais obligatoirement à l'aide du théodolite lorsqu'il y a une déclivité. En vue de faciliter la tâche, on a dessiné sur le terrain un quadrillage qui divise chaque parcelle d'essai en 100 carrés de 40 m × 40 m. L'appareil de visée est installé autant que possible en 3 des 4 coins de chaque carré. A chaque station, on mesure l'angle formé par l'un des côtés du carré

et la droite joignant le coin du carré au centre des arbres à hauteur d'homme. Le centre de chaque arbre est situé au point de jonction de trois lignes de visée. Les arbres sont numérotés par carré, les carrés eux-mêmes étant repérés par une lettre et un chiffre. D'autre part, la transposition du relevé est effectuée sur des graphiques millimétrés (échelle 1/100) à l'aide d'un rapporteur plutôt que par calcul. Enfin, seuls les arbres de plus de 50 cm de tour sont retenus et leur circonférence est mesurée au cm près par défaut, à hauteur d'homme (soit à 1,50 m du sol selon une pratique en usage en Belgique) ; elle est également reportée sur les graphiques de manière à donner un aperçu de la surface terrière du peuplement (les cercles blancs repèrent les hêtres tandis que les cercles noircis repèrent les chênes).

GRAPHIQUE II

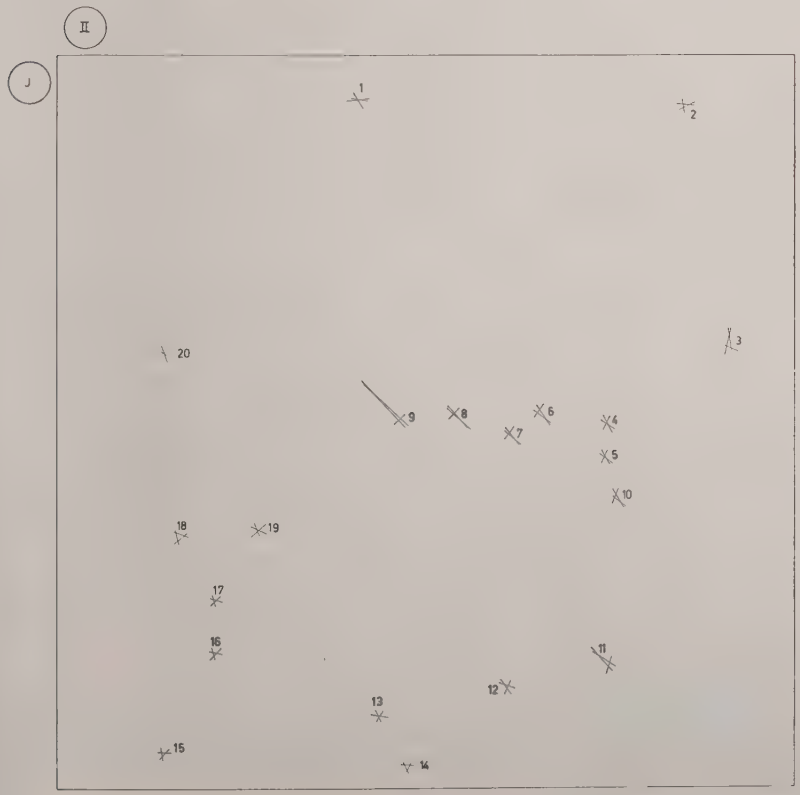
Comparaison des relevés topographiques effectués à l'aide de l'équerre à miroirs et du niveau Wild I (Carré A-I, parcelle d'essai de la coupe VIII de la série S-E). Echelle : 10,4 cm = 40m.



Le mode opératoire que je viens de décrire conduit à des plans d'une précision satisfaisante. En effet, l'arpentage des parcelles d'essai et leur quadrillage sont effectués avec le plus grand soin : le contrôle de l'arpentage a permis de détecter une erreur maximum de 50 cm sur 400 m que l'on s'est ensuite efforcé de compenser dans la mesure du possible ; les angles droits des carrés sont généralement précis à 3/10 de grade près. D'autre part, l'usage du niveau ou du théodolite a été retenu après divers essais : on observe, dans le graphique II par exemple, que cette technique donne des résultats au moins aussi bons que ceux obtenus à l'aide d'une équerre à miroirs ; elle présente également l'avantage d'être moins laborieuse. Par ailleurs, le fait de viser les arbres à partir de trois stations différentes évite toute omisson d'arbres et les recoupements qu'il impose permettent de détecter et de rectifier les erreurs

Graphique III

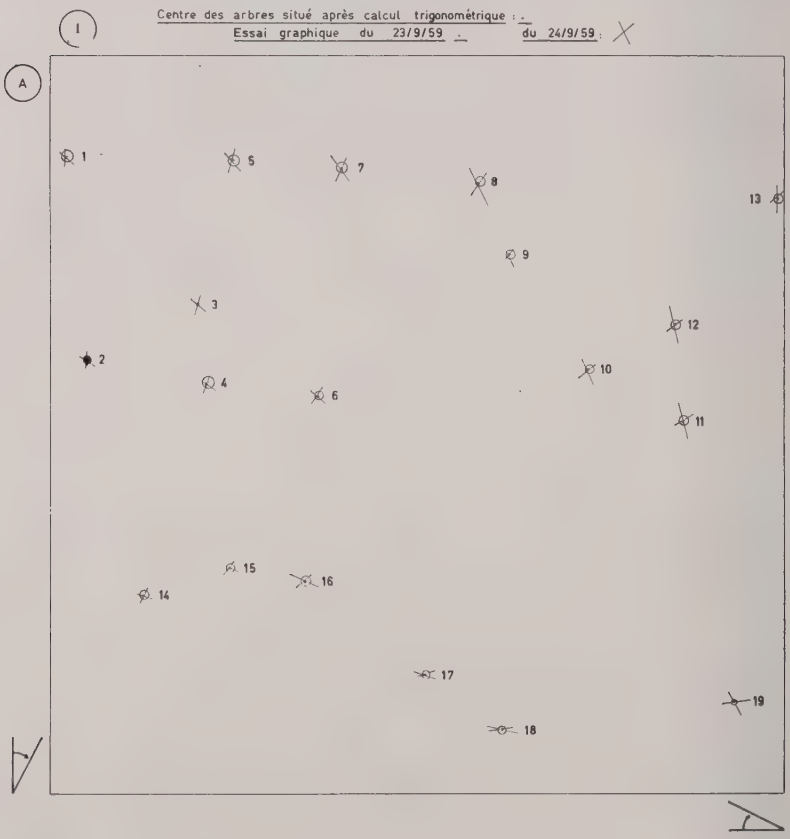
Centre des arbres à 1,50 m du sol, circonscrit par trois visées indépendantes effectuées à l'aide d'un théodolite Wild (Carré J-II, parcelle d'essai de la coupe VIII de la série S-E). Echelle : 10,4 cm = 40 m.



qui peuvent survenir à l'un ou l'autre stade de l'opération : le graphique III donne une idée des écarts admis dans ces recoupements. Enfin, la transposition graphique des relevés à l'aide du rapporteur est reproductible en moyenne à 10 cm près (écart mesuré à l'échelle du terrain) ; elle est également précise à 10 cm près comparativemnt à la méthode exacte par calcul ; ceci est illustré par le graphique IV.

GRAPHIQUE IV

Centre des arbres déterminé par calcul trigonométrique d'une part et transposé graphiquement à l'aide d'un rapporteur le 23-9 et le 24-9-1959 indépendamment d'autre part ; les cercles blancs correspondent à la surface terrière des hêtres, les cercles noircis correspondent à celle de chênes (Carré A-I, parcelle d'essai de la coupe VIII de la série S-E). Echelle : 10, 4 cm = 40 m.



2. MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE.

Le relevé topographique des deux parcelles expérimentales est actuellement en cours. Les méthodes d'échantillonnage suivantes seront ensuite comparées et critiquées (énumération non exhaustive) :

— Sur la base de la circonférence des arbres à hauteur d'homme ou de la surface terrière :

a) échantillonnages au hasard par pied d'arbre,

b) échantillonnages au hasard par placette : étude du nombre, des dimensions et de la forme des placettes,

c) échantillonnages systématiques par placette : étude du nombre, des dimensions et de la forme des placettes,

d) échantillonnages stratifiés de types divers, au hasard et systématiques, par pied d'arbre et par placette : étude du nombre, des dimensions et de la forme des placettes.

— Sur la base exclusive de la surface terrière :

a) méthode optique de Bitterlich (1956) permettant d'évaluer la surface terrière totale du peuplement à l'hectare,

b) méthode photographique de Decourt (1956) conduisant à l'évaluation de la surface terrière totale du peuplement à l'hectare à l'instar de la méthode de Bitterlich, et à l'évaluation du diamètre des arbres à hauteur d'homme.

Ces deux dernières méthodes doivent être expérimentées sur le terrain.

Connaissant l'histogramme vrai de répartition des arbres de chaque parcelle d'essai ou population, on pourra sélectionner — sur la base des résultats obtenus expérimentalement — les modes d'échantillonnage les plus intéressants compte tenu des critères suivants :

— justesse de l'estimation,
— précision de l'estimation,
— simplicité et rapidité d'application des méthodes.

Il est utile également de comparer à l'histogramme vrai précité d'une part et aux résultats des échantillonnages d'autre part, l'histogramme obtenu par un recensement exhaustif des parcelles d'essai exécuté selon la technique en usage en Belgique (relevé du nombre total de hêtres et de chênes par catégorie de circonférences de 10 en 10 cm). L'histogramme exécuté sur la base du recensement exhaustif de la parcelle en voie de jardinage [coupe VIII (1962) de la série S.E.] par exemple, est présenté dans le graphique V.

3. Paramètres de la population.

La comparaison des échantillons à la population vraie implique que l'on caractérise préalablement la population elle-même par certaines

constantes numériques ou paramètres (F. X. Schumacher et R. A. Chapman, 1948, p. 19). Lorsque les éléments de la population sont normalement distribués, la moyenne et la variance suffisent. Mais dans le cas de la forêt d'Anlier, trois difficultés surgissent à première vue :

a) les populations sont tronquées du fait que l'on néglige les arbres de circonférence inférieure à 50 cm,

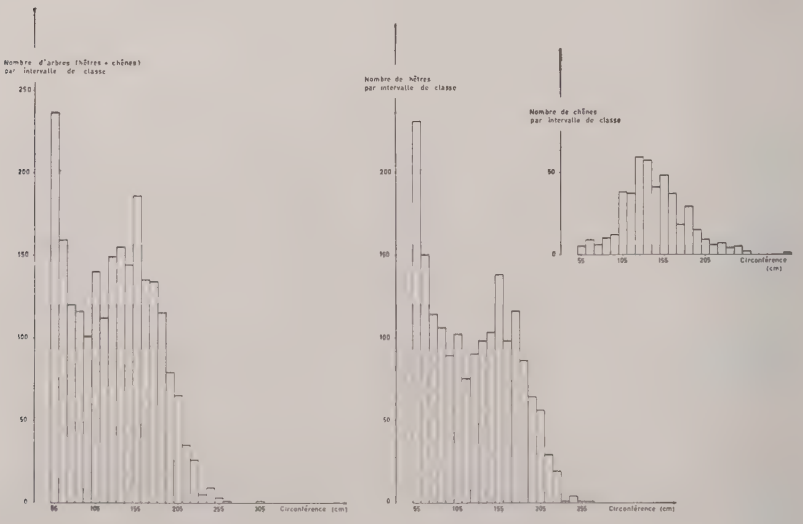
b) dans la parcelle d'essai en voie de jardinage de la coupe VIII (1962), la distribution des arbres (hêtres + chênes) par catégorie de circonférences n'est en outre pas gaussienne : le graphique V montre qu'elle est composite (distribution normale et distribution exponentielle décroissante),

c) enfin, comme on peut le voir dans le graphique V également, les hêtres et les chênes se distribuent différemment en fonction des catégories de circonférences : les hêtres ont une distribution hybride telle que celle décrite en (b) et les chênes ont une distribution qui tend à être normale.

L'étude préalable de ces distributions est au programme de ma recherche.

Graphique V

Histogramme de répartition des hêtres-chênes, des hêtres et des chênes de la parcelle d'essai (16 Ha) de la coupe VIII (Série S-E) d'après le recensement exhaustif selon la technique en usage en Belgique.



Inutile d'ajouter que d'autres difficultés se présenteront sans oute en cours de travail. D'ores et déjà, il est possible de prévoir — comme me l'a fait remarquer le Professeur L. MARTIN — que les méthodes respectives de BITTERLICH et de DECOURT ou toute autre méthode inspirée du même principe, ne seront d'application qu'à la condition suivante : comme il faut veiller à ce que les échantillons soient indépendants pour obtenir une estimation non biaisée de la surface terrière à l'Ha du peuplement, on doit espacer les stations de telle manière que les arbres d'un échantillon ne soient pas partiellement recomptés dans l'échantillon voisin ; cette restriction risque de réduire l'efficacité de ces méthodes car le nombre maximum admissible de stations dans des conditions déterminées peut conduire à une estimation jugée insuffisamment précise.

Second objectif de la recherche

Mon second objectif est de calculer des tables de cubage spécifiques aux hêtres et aux chênes de la forêt domaniale d'Anlier.

Dans ce but, les délivrances pratiquées dans les coupes des exercices 1960, 1961, 1962, voire même 1963, seront mises à profit : soit au minimum 12 coupes réparties entre les 4 séries de la forêt (cfr. carte du graphique I) et représentatives des différents types de futaie. Le plus grand nombre possible de hêtres et de chênes seront échantillonnés : au minimum 20 à 30 arbres par essence, par coupe et par catégorie de circonférences de 10 en 10 cm ; on mesurera la hauteur totale de la culée marchande, la hauteur moyenne de la souche, la circonférence du tronc de mètre en mètre à partir de 50 cm du gros bout et enfin, la circonférence fin bout.

Je choisirai une recoupe uniforme, biologiquement plus valable que la recoupe marchande : par exemple aux 2/3 de la circonférence à hauteur d'homme.

Sur cette base et pour chaque essence, j'étudierai notamment les relations suivantes :

— hauteur de la culée en fonction de la circonférence à 1,50 m du sol,

— coefficient de forme en fonction de la circonférence à 1,50 m du sol et de la hauteur de la culée,

— défilement en fonction de la circonférence à 1,50 m du sol et de la hauteur de la culée.

L'étude comparative des paramètres de ces relations et d'autres, calculés par coupe et par type de futaie, aboutira sans doute à l'élaboration de deux tables de cubage distinctes par essence :

— l'une destinée au cubage d'un arbre sur pied,
— l'autre destinée au cubage d'un lot d'arbres sur pied.

a) Pour autant que le coefficient de forme soit constant pour une même catégorie de circonférences à hauteur d'homme, je pourrai calculer une table de cubage par pied d'arbre à deux entrées :
— circonférence à hauteur d'homme,
— hauteur totale de la culée.

b) Pour autant que l'on puisse admettre en outre une hauteur de culée moyenne par catégorie de circonférences à hauteur d'homme, je pourrai calculer une table de cubage pour des lots d'arbres à une seule entrée :
— circonférence à hauteur d'homme.

Ces tables seront communes à tous les secteurs de la forêt à condition que les différents types de futaie s'avèrent homogènes ; sinon il sera nécessaire d'élaborer des tables propres à chaque secteur.

Conclusions

La seconde partie de mon travail, relative aux tables de cubage, est utile en soi. De plus, elle est liée à la première partie de la recherche dans la mesure où l'échantillonnage des forêts a non seulement pour but d'apprécier la répartition des arbres par catégorie de circonférences, mais aussi d'estimer leur volume.

BIBLIOGRAPHIE

Bitterlich, W. Die Relaskopbessung in ihrer Bedeutung für die Forstwirtschaft. *Osterreichische Vierteljahreschrift für Forstwesen*, 86-98, 1956.

Cochran, W. G. Sampling Techniques. John Wiley and Sons, New York ; Chapman and Hall, London, 1953.

Decourt, N. Utilisation de la photographie pour mesurer les surfaces terrières. *Revue Forestière Française*, 505-507, 1956.

Meyer, H. A. Forest Mensuration. Penns Valley Publishers, State College, Pennsylvania, 1953.

Prodan, M. Messung der Waldbestände. J. D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/M., 1951.

Schumacher, F. X. et Chapman, R. A. Sampling Methods in Forestry and Range Management. Duke University, School of Forestry, Bulletin 7, Durham, N. C., U.S.A., 1948.

Spurr, S. H. Forest Inventory. The Ronald Press Company, New York, 1952.

Résumé.

Les méthodes statistiques d'échantillonnage n'ont jamais été utilisées pour le recensement des forêts en Belgique. Elles pourraient cependant être économiquement intéressantes.

C'est pourquoi une étude de ces méthodes est entreprise en forêt domaniale d'Anlier (Province de Luxembourg, Belgique). Elle a deux buts :

1) Recherche d'un ou plusieurs modes pratiques d'échantillonnage basés sur la circonférence des arbres à hauteur d'homme ou la surface terrière, permettant de reproduire avec une justesse et une précision connues l'histogramme de répartition des arbres de la forêt (par essence et globalement) en fonction des catégories de grosseur.

2) Élaboration de tables de cubage spécifiques aux hêtres et aux chênes de la forêt domaniale d'Anlier.

Le second objectif de cette étude est lié au premier dans la mesure où l'échantillonnage des forêts a non seulement pour but d'apprécier la répartition des arbres par catégorie de circonférences, mais aussi d'estimer leur volume.

The sampling techniques in forestry

Summary.

The sampling techniques have never been used in forest inventory in Belgium. However they should have an economical interest.

Therefore a study of these techniques is undertaken in the state forest of Anlier (Province of Luxemburgh, Belgium). It has two purposes :

1) Research of one or several practical sampling techniques based on the circumference of the trees at breast heigth or on the cross-sectional area, allowing the reproduction with a known accuracy and precision, of the histogram of the forest trees (by species : beeches and oaks, or for the whole) in relation with the classes of circumferences.

2) Construction of specific volume tables for beeches and oaks of the state forest of Anlier.

The second purpose of this study is connected with the first as far as the sampling of the forests does not only tend to appreciate the repartition of the trees by class of circumferences, but also to estimate their volume.

Die Methoden der Probeentnahme in der Forstwirtschaft

Zusammenfassung.

Statistische Methoden der Probeentnahme sind noch niemals bei der Forstwirtschaft in Belgien angewandt worden. Sie können jedoch in wirtschaftlicher Hinsicht von Interesse sein.

Aus diesem Grunde wurden Untersuchungen dieser Methoden im Staats-

forst von Anlier (Provinz Luxemburg, Belgien) vorgenommen. Es wurden zwei Ziele verfolgt :

1) Untersuchung einer oder mehrerer praktischer Probeentnahmen die sich auf den Umfang der Bäume in Brusthöhe oder an der Erdoberfläche bezogen, und die Herstellung eines getreuen und präzisen Histogramms der Forstbäume (nach Arten oder nach Gesamtbestand) in Bezug auf Umfangklassen ermöglichten.

2) Aufstellung von Tabellen des spezifischen Volumens für Buchen und Eichen im Staatsforst von Anlier.

Das zweite Ziel der Untersuchungen ist mit dem ersten insofern verknüpft, als die Probeentnahmen in den Forsten nicht nur den Zweck haben, die Verteilung der Bäume nach Umfangklassen zu bewerten, sondern auch ihr Volumen abzuschätzen.

Radiosensibilité des graines d'Andropogon, issues de terrains uranifère et non uranifère du Katanga

par D. J. Mewissen, J. Damblon et Z. M. Bacq

Laboratoire de Pathologie Générale et de Thérapeutique, Fonds National de la Recherche Scientifique. Université de Liège, Liège (Belgique)

Introduction

Un intérêt croissant se porte actuellement sur l'étude des effets tardifs de l'irradiation chronique, à dose peu élevée, de la matière vivante. Cette préoccupation paraît amplement justifiée si l'on songe que les sources radioactives artificiellement produites par l'homme ont contaminé la biosphère et accru le background naturel dans une proportion mesurable à la surface de la terre.

Un des problèmes fondamentaux les plus controversés est de savoir s'il existe une dose-seuil en-dessous de laquelle aucune lésion radiologique n'est décelable. Si la dose-seuil n'est qu'une vue de l'esprit, le concept même de dose permissible est aussi dépourvu de sens et doit être remplacé par celui de dose tolérable. Tolérable selon quels critères ?

Il semble bien démontré que les radiations diminuent la durée moyenne de vie des mammifères. Tout aussi inéluctable paraît la conclusion qu'elles peuvent induire des leucémies. Quel accroissement du taux leucémique de l'humanité sera déclaré tolérable ? De combien de jours les hommes toléreront-ils de laisser réduire en moyenne leur existence ? La pertinence de ces questions n'a d'égal que notre incapacité à y répondre autrement qu'en faisant appel à l'empirisme.

Aucune contribution à notre connaissance de la lésion radiologique — surtout tardive — déterminée par une irradiation de longue durée à dose faible, ne doit être négligée. C'est pourquoi nous avons cru utile d'entreprendre ces expériences sur une graminée vivace — *Andropogon filifolius* — dont certains spécimens croissent en terrain non-uranifère et d'autres en terrain uranifère. Dans ce dernier cas, les plantes ont donc subi, depuis des temps immémoriaux, une irradiation faible mais continue et il nous a paru intéressant d'étudier si elles différaient par quelque caractère biologique, par exemple, la radiosensibilité.

Matériel et méthodes

Nous avons utilisé des graines d'*Andropogon filifolius* (Nees) Steud, une graminée vivace dont des spécimens ont été récoltés au Katanga (Congo Belge), les uns croissant sur terrain uranifère (Kasompi), les autres sur terrain non-uranifère (Dikuluwe). A noter que la composition minérale des divers terrains est similaire dans l'un et l'autre cas.

L'intensité du background existant sur les terrains uranifères est variable mais significativement plus élevée que sur les terrains non-uranifères. Mesurée dans les couches superficielles du sol, elle est dans les premiers de dix à cinquante fois plus élevée que dans les seconds.

Dans ces conditions, il n'est pas possible d'évaluer la dose qu'auraient reçue les cellules germinales ou somatiques des graminées récoltées. Nous distinguons donc deux populations de graines : la population S.N.U. (sol non uranifère) de référence et la population S.U. (sol uranifère) que nous comparons à la première.

Les graines en provenance des deux régions sont mises à tremper dans l'eau, douze heures avant l'irradiation. Des échantillons de 150 unités sont irradiés à des doses croissantes selon un gradient logarithmique : de 1.170 r à 100.000 r. Les groupes de graines témoins renferment 900 unités qui ne sont pas irradiées. Les irradiations sont effectuées, sur papier filtre humidifié, au moyen d'un Stabilivolt Siemens avec les caractéristiques physiques suivantes :

— tension : 200 Kv
— ampérage : 20 mamp
— pas de filtre
— distance source-objet : 30 cm
— débit : 700 r/min

Toutes les graines sont cultivées séparément, sur papier filtre humidifié, en serre, à la lumière solaire. Les critères étudiés sont les suivants :

— pourcentage de germination
— longueurs maxima des tiges et des racines, à la mort des plantules.

Résultats

a) Germination :

Nous avons estimé un pourcentage « normal » de germination, dans nos conditions expérimentales, basé sur 1.800 graines non irradiées. Ce pourcentage normal est de 30,0 chez les graines en provenance de sol uranifère (S.U.) et de 18,0 chez les graines en provenance de terrain non-uranifère (S.N.U.). Les pourcentages observés dans les lots de

graines S.U. et S.N.U. après irradiation à doses diverses sont consignés dans le Tableau I.

Tableau I

Dose r	Germination % Sol uranifère	Sol non-uranifère
0	30,0	18,0
1.000	26,7	18,0
1.770	24,0	22,0
3.160	30,7	22,0
5.620	28,0	24,0
10.000	24,6	11,5
17.700	24,7	14,0
31.600	21,9	13,3
56.200	19,3	11,1
100.000	19,3	17,3

b) Longueurs moyennes des tiges et des racines :

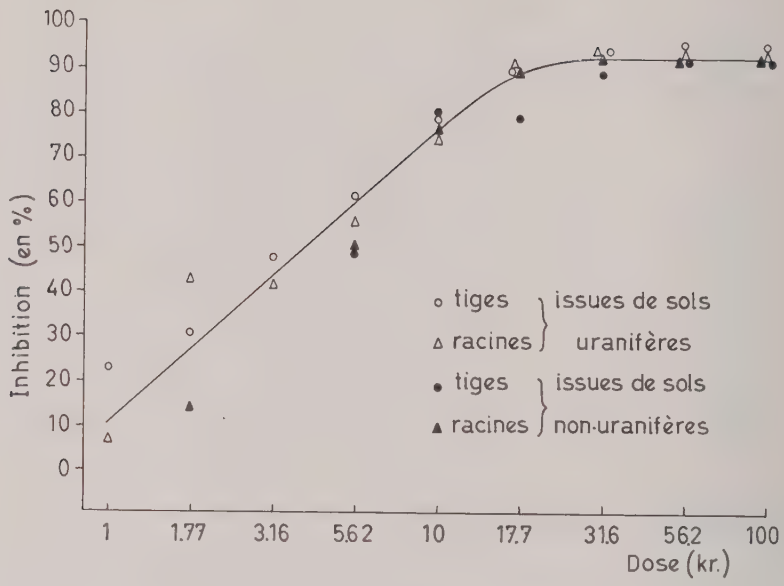
Les mesures de longueurs moyennes des tiges et des racines sont présentées dans le Tableau II.

Nous avons, en outre, calculé les pourcentages moyens de raccourcissement des tiges et racines des graines irradiées par rapport aux graines témoins non-irradiées. Les résultats sont présentés dans la figure 1.

Tableau II

Dose	Sol uranifère		Sol non-uranifère	
	Racine	Tige	Racine	Tige
0	13,0	33,0	13,0	20,7
1.000	12,6	25,4	7,0	12,1
1.770	8,7	23,4	6,4	14,4
3.160	7,8	18,1	7,3	11,0
5.620	6,0	13,1	6,0	9,3
10.000	2,7	6,5	2,0	5,1
17.700	1,4	5,2	1,4	5,2
31.600	0,9	2,5	0,9	2,8
56.200	1,0	2,4	1,0	2,0
100.000	1,2	3,0	1,2	3,0

FIGURE 1



Discussion

Notons tout d'abord que le pourcentage de germination des graines témoins en provenance de sols uranifères est plus élevé que celui des graines de sols non-uranifères : 30,0 % contre 18,0 %. De plus, les premières donnent des plantules dont les tiges et les racines atteignent des longueurs moyennes plus grandes. Cette loi s'est également vérifiée tout au long de l'expérience dans les divers groupes de graines irradiées.

Les pourcentages de germination sont variables aux doses utilisées dans nos conditions expérimentales. Ils paraissent d'abord augmenter jusqu'aux doses de 3.160 à 5.620 r., puis diminuer aux doses supérieures. Ces variations sont-elles significatives ? Oui, si l'on se réfère au test de Student, au seuil 0,05, pour apprécier la signification des écarts maxima des moyennes de germination. Non, si l'on tente une analyse des probits de germination. Étant donné que le phénomène en cause est clairement un effet quantal, du type tout ou rien, nous croyons prudent de réserver notre conclusion définitive.

Il est possible que les doses, dans l'intervalle 0-5.620 r. aient réellement exercé une action stimulatrice sur la germination des graines d'*Andropogon filifolius*. KUZIN a mis en évidence un effet stimulant des riadiations ionisantes sur la croissance et le développement de

diverses graminées. Plus récemment, MAUNG MYA THAUNG a montré que les rayonnements gamma et bêta stimulaient la croissance et la productivité du riz. Pour la variété de riz C33-18, on observe que les grains irradiés à des doses de 500 et 1.500 r. donnent naissance à des plantules dont la hauteur moyenne de tige augmente, passe par un maximum à 1.000 r pour diminuer ensuite. Par contre, le rendement augmente uniformément. Pour la variété D 17-88, le rendement et la hauteur moyenne des tiges passent par un maximum à 1.000 r puis régressent. Dans les deux variétés, le pourcentage de germination est très élevé (94 à 100 %) tant dans les lots de grains témoins que dans ceux de grains irradiés. Ces conditions sont évidemment défavorables pour mettre en évidence un quelconque effet du rayonnement sur la germination.

Le point intéressant nous paraît être que des effets stimulants soient observés et passent par un maximum d'intensité : tendance générale que nous retrouvons dans l'action des rayons X sur la germination des graines d'*Andropogon filifolius*.

Ainsi qu'il ressort du tableau II, les longueurs moyennes des tiges et des racines diminuent avec des doses croissantes de radiations administrées aux graines. Le phénomène est donc de nature inhibitrice. Ce pouvoir inhibiteur du rayonnement ionisant est proportionnel au logarithme de la dose et atteint un plafond aux environs de 20.000 r. L'inhibition exercée sur la croissance des tiges et sur celle des racines est proportionnellement égale. Nous n'avons pas observé d'effet stimulant aux doses les plus basses comme il a été signalé (2) chez le riz de variétés C33-18 et D17-88 ou sur d'autres graminées (1). Notons que dans le cas du riz, les différences entre les moyennes observées étaient de l'ordre de 10 % et moins. Les dispersions de longueurs individuelles autour des moyennes sont assez grandes dans le cas d'*Andropogon filifolius*, peut-être parce qu'il s'agit de graines non sélectionnées. Il n'est pas exclu que cette caractéristique ne masque un effet de l'ordre de 10 %. La présence d'une plantule dont les organes sont anormalement grands ou petits peut fausser l'estimation de la moyenne.

En conclusion, nous avons observé une radiosensibilité équivalente des graines en provenance de terrains uranifère et non-uranifère.

Par contre, il existe entre graines de l'une et l'autre provenance, des différences significatives sous le rapport des pourcentages de germination et des longueurs moyennes des tiges et racines, tant dans les lots témoins que dans les lots irradiés. On peut en conclure que les deux populations sont essentiellement différentes. La population soumise à une irradiation chronique sur terrain uranifère possède une plus grande vitalité. Celle-ci est-elle le fruit de la sélection ou de l'a-

daptation ? La question est ouverte. De toute manière, on peut affirmer que l'environnement radioactif n'a entraîné, chez *Andropogon filifolius*, aucune dégénération mais plutôt une exaltation des potentialités biologiques.

BIBLIOGRAPHIE

1. Kuzin, A. M. *Proc. First. Int. Conf. on Peaceful Uses of Atomic Energy*, 12, 149. Geneva, 1956.
2. Maung Mya Thaung. *Nature*, 4729, 982, 1960.

Résumé.

L'utilisation par l'homme de diverses sources artificielles de radiations, a contaminé progressivement la surface du globe terrestre. Cette contamination a significativement augmenté le « background » dû aux sources naturelles de radiations. Ainsi s'est posé le problème des effets biologiques que détermine l'irradiation continue, à faible dose, de la matière vivante.

Les données expérimentales dans ce domaine sont peu nombreuses, particulièrement en ce qui concerne les effets tardifs décelables au sein des grandes populations. C'est pourquoi il a paru intéressant d'étudier le comportement de graines d'espèce identique, mais récoltées sur des terrains où le « background » varie considérablement, en raison de la présence éventuelle d'uranium dans le sol.

Notre choix s'est porté sur *Andropogon filifolius* (Nees) Steud, une plante vivace dont nous avons récolté des graines sur terrains uranifère (Kasompi) et non-uranifère (Dikuluwe) mais présentant une composition minérale similaire. Nous avons étudié la radiosensibilité de ces graines en les exposant, par groupes, à des doses de rayons X (200 kV) croissantes, dans l'intervalle de 1.000 à 100.000 r. On a laissé germer les graines et se développer les plantules, sur papier filtre humide.

Trois critères ont été choisis : la germination, la longueur maxima de la tige et la longueur maxima de la racine. Les résultats de nos observations peuvent se résumer ainsi :

— Les graines en provenance de terrain uranifère montrent un pourcentage plus grand de germination.

— Elles donnent naissance, en moyenne, à des racines et tiges plus longues.

— La germination n'est pas inhibée, chez les graines en provenance des terrains uranifère et non-uranifère, par les doses de radiations administrées dans nos conditions d'expérience.

— Le pouvoir inhibiteur des rayons X, vis-à-vis de la croissance des tiges et racines, chez les plantules de l'une et l'autre provenance, croît exponentiellement avec la dose pour atteindre un plateau aux environs de 20.000 r.

— Il semble que les potentialités biologiques d'*Andropogon filifolius* soient significativement accrues dans l'espèce croissant sur terrain uranifère.

Les mêmes expériences ont été répétées avec *Andropogon dummeri* Stapf et ont donné des résultats comparables.

Radiosensitivity of seeds of Andropogon coming from uraniferous and non-uraniferous soils of Katanga

SUMMARY.

The long-term of low-level chronic irradiation on living organisms may be assessed on seed available from plants of the sale species that have — or have not — grown for ages in a radioactive environment, thus being continuously. We used seeds of Andropogon filifolius (Nees) Steud, a perenial grass, collected by one of us on neighbouring uraniferous (Kazompi) and non-uraniferous, but otherwise similarly mineralized, soils (Dikuluwe) in Katanga (Belgian Congo).

Groups of seeds (150) soaked for 12 hr. from both soils were irradiated simultaneously on moist filter paper at different doses with a Siemens « Stabilivolt ». All seeds were grown in a green house on moist filter paper. Three criteria were investigated : germination, and maximal lengths of stalks and roots at the time of death of the plantlets. The percentage of « normal » germination and length of stalks and roods were estimated from un-irradiated control groups (± 1.800 seeds).

Seeds originating from uraniferous soil exhibit a higher percentage of germination, and plantles develop stalks and roots of greater average length. Germination is not significantly inhibited by radiation in the range used. At any dose-level, the average length of roods and stalks is greater in plants from uraniferous soil. The potency of radiation in inhibiting growth of roots and stalks may be expressed as the percentage of shortening of control length per roentgen. It decreased exponentially with dose and reached a platteau at the 20.000 r dose-level ; no significant difference was evident between either series. However, the observed differences between percentages of germination and lengths of organs of plants from uraniferous soils and those from non-uraniferius soils lead to the conclusion that the two populations are different. The chronically irradiated population possesses higher vitality. Whether selection or adaptation or both are responsible is an open matter.

Die Strahlensensibilität der Samen von Andropogen von uranhaltigen und nicht uranhaltigen Feldern des Katangas stammend

ZUSAMMENFASSUNG.

Der Gebrauch durch den Menschen von verschiedenen künstlichen Strahlenquellen hat die Erdoberfläche fortschreitend verseucht. Diese Verseuchung hat den « background », der von den natürlichen Strahlenquellen herrührt, bedeutsam erhöht. So hat sich das Problem der biologischen Wirkungen, die die fortdauernde Bestrahlung in schwacher Dosis auf die lebende Substanz hervorruft, gestellt.

Die Versuchsergebnisse auf diesem Gebiet sind nicht zahlreich, vor allem was die sich in grossen Bevölkerungen offenbarenden Spätwirkungen anbetrifft. Deshalb hat es uns interessant erschienen, das Verhalten von Samen

einer gleichen Art, das aber auf Feldern geerntet wurde, wo der « back-ground » infolge des etwaigen Vorhandenseins von Uran im Boden sehr verschieden ist, zu prüfen.

Wir wählten *Andropogon filifolius* (Nees) Stend, eine mehrjährige Pflanze von der wir Samen auf uranhaltigen Boden (Kasompi) und auf nicht uranhaltigem Boden (Dikuluwe), der aber die gleiche mineralische Zusammensetzung hatte, geerntet haben. Wir haben die Strahlensensibilität dieser Samen geprüft, indem wir sie gruppenweise Röntgenstrahlen (200 kV) in steigender Dosis von 1000 bis 100000 r aussetzten. Man hat diese Samenkörner auf feuchtem Filtrierpapier keimen und die Pflänzchen sich entwickeln lassen.

Drei Kriterien wurden gewählt : die Keimung, die Höchstlänge des Stiels und die Höchstlänge der Wurzel. Die Ergebnisse unserer Beobachtungen können sich, wie folgt, zusammenfassen :

— Die Samenkörner, die von dem uranhaltigen Boden stammen, haben einen grösseren Hundertsatz der Keimung.

— Diese haben im Durchschnitt längere Wurzeln und Stiel.

— Die Keimung erleidet bei den Samenkörnern, die vom uranhaltigen und nicht uranhaltigen Boden stammen bei unserer angewandten Strahlendosis und unserer Versuchsanordnung keine Begrenzung.

— Die Begrenzungskraft der Röntgenstrahlen, was das Wachstum der Stiele und der Wurzeln bei den Pflänzchen der einen und der anderen Herkunft anbetrifft, so wächst diese exponentgemäss mit der Dosis, um bei ungefähr 20000 r eine Ebene zu erreichen.

— Es scheint, dass die biologischen Potentialitäten von *Andropogon filifolius*, das auf uranhaltigen Boden wächst, bedeutungsvoll erhöht worden sind.

Die gleichen Versuche wurden mit *Andropogon dummeri* Stapf wiederholt und ergaben vergleichbare Ergebnisse.

COLLOQUE SUR L'APPLICATION DE LA STATISTIQUE MATHÉMATIQUE AUX SCIENCES NATURELLES ET A L'AGRONOMIE

ORGANISÉ EN COLLABORATION AVEC LA SOCIÉTÉ BELGE DE STATISTIQUE

Gembloux, 27 juillet 1960

PRÉSIDENT DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Professeur J. TEGHEM

Institut agronomique, Gembloux

Introduction

par J. Teghem
Professeur à l'Université Libre de Bruxelles
Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Mesdames, Messieurs,

Au nom du Comité d'organisation de ce Colloque et au nom du Comité du Centenaire, dont je suis certain d'être l'interprète, je salue les conférenciers et je les remercie très vivement de leur collaboration. Je souhaite une cordiale bienvenue aux conférenciers étrangers à notre maison et tout particulièrement à ceux d'entre eux pour qui ce Colloque est la première occasion de faire visite à notre Institut, M. Kuiper, Professeur à la Landbouwhogeschool, à Wageningen et M. Morlat, Ingénieur au Service des Études Economiques de l'Electricité de France, Président du Comité de Rédaction de la Revue Française de Recherche Opérationnelle.

Madame Defrise-Gussenhoven, Collaboratrice au Musée d'Histoire Naturelle et Assistante à l'Université Libre de Bruxelles, a déjà donné, en notre Institut, une conférence remarquable, qui fut suivie, je m'en souviens, d'une intéressante et très animée discussion. Je la remercie de l'empressement avec lequel elle a accepté de nous apporter une nouvelle fois sa précieuse collaboration. M. De Munter, Professeur à l'Université d'Elisabethville, a passé, lui, d'assez nombreuses années en notre Institut, en qualité de collaborateur à la chaire de mathématiques et de statistique, et le souvenir de son activité en ces murs n'est certes pas sur le point de s'effacer. L'invitation que nous lui avons adressée et la réponse affirmative qu'il nous a faite sont le témoignage des liens d'estime et d'affection réciproques qui continuent à exister entre lui et l'Institut.

Nous avons tenu, enfin, à joindre à ces quatre personnalités extra-muros, trois conférenciers de la maison, M. Tonnard, Docteur en Sciences agronomiques et Chef de travaux à la Chaire de Minéralogie et de Géologie, M. Neuray, Ingénieur Agronome et Assistant à la Chaire d'Horticulture et mon collaborateur direct, M. Dagnelie, Docteur en Sciences agronomiques et Maître de Conférences. Leurs apports constituent un échantillon du travail de statistique appliquée et d'adaptation de techniques, qui se fait au sein ou avec l'aide du Service de Statistique mathématique de l'Institut.

Je remercie également les auditeurs et j'émets le vœu que ce Colloque leur fournisse l'occasion d'établir des contacts fructueux.

Je manquerais à mes devoirs si je n'exprimais aussi de cette tribune, les plus vifs sentiments de gratitude du Comité d'organisation à l'égard de Monsieur le Recteur Lecrenier. Sa forte personnalité, son dynamisme et son sens des réalités ont été les éléments moteurs de l'organisation des Cérémonies du Centenaire en général et des divers Colloques en particulier.

Nos remerciements vont enfin à Monsieur le Ministre de l'Instruction publique et à ses collaborateurs du Département, pour l'appui matériel qu'ils nous ont accordé.

J'en viens à l'objet du Colloque. Nul centrage sur un sujet déterminé n'a été imposé. La diversité des applications de la statistique mathématique aux sciences naturelles et à l'agronomie est, en effet, considérable et il convenait, nous a-t-il semblé, de laisser à cette diversité toutes ses chances de se manifester. Ce qu'elle a fait d'ailleurs, tant par les types de techniques utilisées que par les domaines d'application, de l'animal au végétal, de la météorologie à la sélection des plantes, des sables à la forêt. Et il nous plaît aussi que l'accent soit mis par quelques uns des conférenciers sur certains problèmes théoriques dont l'étude est imposée par des applications, des problèmes d'élaboration de méthodes ou d'adaptation de méthodes. Il faut qu'on sache, en effet, que la statistique mathématique n'a pas tou' résolu encore, loin s'en faut, et j'ajouterais volontiers... heureusement, j'en demande pardon aux praticiens. La statistique mathématique moderne évolue, vit ; elle renonce à certaines méthodes ou à certains termes, pour en adopter d'autres, elle transforme des procédés, elle pose à l'analyse mathématique et à la théorie des probabilités des questions, de la résolution desquelles en surgissent aussitôt d'autres. C'est ce qui apparaîtra notamment de l'audition des exposés de MM. Kuiper, De Munter et Dagnelie.

M. Kuiper s'attachera aux termes en lesquels sont posés des problèmes ou s'expriment des résultats et il nous démontrera tout l'intérêt que présentent certaines distinctions, notamment pour les utilisateurs de la statistique.

M. De Munter passera en revue plusieurs méthodes récentes de comparaison de populations et il se penchera, ce faisant, sur quelques aspects particulièrement importants, quoique trop souvent ignorés, de ces questions. Il déterminera, pour des circonstances diverses, même non classiques, en fonction des conditions d'applicabilité des tests et de leurs qualités de puissance, quel est celui d'entre eux qu'il convient d'utiliser.

M. Dagnelie traitera des possibilités d'application de l'analyse factorielle en phytosociologie et des problèmes qui sont liés à cette appli-

cation. Il nous proposera même une nouvelle méthode d'estimation des facteurs.

Ces trois contributions, malgré les aspects théoriques qu'elles présentent, sont nées, je me plais à le souligner, du souci d'améliorer ou de rendre possible le traitement de problèmes pratiques. C'est cette dualité théorie-applications, cette interpénétration, qui rend particulièrement exaltante la recherche en statistique mathématique. Je me félicite qu'une place assez large lui ait été faite.

Des problèmes relevant de cette dualité seront d'ailleurs soulevés aussi par M. Morlat, dans l'illustration qu'il fera, grâce à l'exposé de problèmes d'hydrométéorologie, des limitations des méthodes statistiques actuelles. La plupart des exemples qu'il nous soumettra montrent, écrit-il, « que des progrès scientifiques sérieux ne peuvent être attendus que d'une symbiose étroite entre le statisticien et l'hydrologue ».

Madame Defrise nous exposera un très intéressant problème de recherche d'optimum, aux conséquences importantes pour la réglementation et pour l'efficacité de la pêche au chalut en Mer du Nord.

M. Neuray nous montrera, dans une étude sur le cyclamen, comment des méthodes statistiques simples permettent de faciliter et d'améliorer la prédiction de l'avenir d'un individu, dès la fin de la germination, ou à tout autre moment de la croissance. Les résultats de son étude présentent un grand intérêt pour la sélection du cyclamen.

M. Tonnard, enfin, procédera, en vue d'un prochain Congrès de Sédimentologie, à une sélection parmi de multiples indices morphométriques. Il nous en dira les résultats et fixera des modalités d'utilisation.

Voilà, je crois, Mesdames, Messieurs, résumé en un bref tableau d'ensemble, ce que nous apporteront les conférenciers. Nous aurions pu allonger cette liste d'exposés, mais notre souci d'un travail serein nous a conduit à ne point le faire. Non multa, sed multum.

Random variables and random vectors

by Nicolaas H. Kuiper
Professeur, Landbouwhogeschool, Wageningen (Pays-Bas)

Introduction

One of the words which enjoys a central position in statistics is the word probability distribution or short distribution. If we compare the use of this word with the less common use of the expression random variable, point or vector, then we find that even statements or remarks about random variables etc. are often made in terms of their distributions.

As an illustration I recall some common expressions in statistics :

« The binomial and the normal distribution, the χ^2 -distribution with r degrees of freedom, the Cauchy-, Student- and Poisson distributions » ; « Estimating a parameter of a distribution » ; « The distribution is symmetric » ; « These two random variables have the same distribution ».

In all these cases an equivalent expression with the word random variable and without the word distribution exists, but is not much used. « Binomial random variable and Poisson-random variable », « Estimating a parameter of a random variable » and « Symmetric random variable » are not yet very common expressions.

Our use of words reflects our thoughts, and the common use of the word distribution reflects in particular, that the notion distribution plays a central role in our thoughts on statistics, also in those cases where the notion random variable or point or vector, deserves the greater amount of attention.

In this lecture I will show that the use of the notions random variable, random point and random vector, along with a much more conscious and refined use of some auxiliary notions and symbols, leads to more efficient ways of expressing and handling problems, statements and theorems in statistics (1).

(1) Some very recent books and papers show a slight tendency in favour of the random variable etc. However the tendency is incidental and not on purpose. The point of view given in this paper is also presented in [5, 6] (Dutch) and it is used in [7, 8, 2, 3].

Part one : Definitions

1. Theoretical and empirical random variables and vectors.

Some well-known random variables are Students $\underline{t}_r$ and Fisher $\underline{F}^p_q$. These are *theoretical random variables*. They are defined by their distribution functions.

Apart from these also *empirical random variables* can be defined. An empirical random variable $\underline{x}$ arises as follows. Some kind of experiment is specified. The possible outcomes of the experiments are put into disjoint classes, each of which corresponds with some real value. A variable in general is a symbol for which a number can be substituted. In the case of an empirical random variable the substituted value is not given arbitrarily by some person, but the value is obtained from an experiment. The empirical random variable assumes a value as follows : the corresponding experiment is done : the class and its real value is determined. This value is the value which the random variable has assumed in this experiment.

The empirical random variable $\underline{x}$ has a quantitative property, namely $P(\underline{x} \leqslant c)$, the probability that $\underline{x}$ assumes (has) a value $\leqslant c$. As is customary in physics and related sciences, a quantitative property is a number which can be « measured » or as it is sometimes called « determined » with the help of experiments. The quantitative property $P(\underline{x} \leqslant c)$ is « determined » as follows : The above experiment is done N times. Let N_c be the number of times that the value of $\underline{x}$ is $\leqslant c$. Then $\frac{N_c}{N}$ is a measure (1) of the quantitative property $P(\underline{x} \leqslant c)$.

The function which assigns to any real c the value $P(\underline{x} \leqslant c)$ is the cumulative distribution function (c.d.f.) of $\underline{x}$.

Observe that one never completely knows an empirical random variable $\underline{x}$. One may have some values $\underline{x}$ has assumed, but the c.d.f. cannot be concluded from these.

One of the usual practices in statistics can be formulated as « the confrontation or comparison of an empirical random variable $\underline{x}$ with a theoretical random variable, and by virtue of some values of $\underline{x}$ » The above remarks apply mutatis mutandis to theoretical and empirical random *vectors*. In the examples we will also deal with these.

2. The notion isomorous and the symbol $\cong$.

Two random variables (or vectors) $\underline{x}$ and $\underline{y}$ are called isomorous (following *D. van Dantzig*) if they have the same cumulative distribution functions (c.d.f.) :

$$P(\underline{x} \leqslant c) = P(\underline{y} \leqslant c) \text{ for any real } c \tag{2.1}$$

(1) Here we mean the naive notion « measure ».

The graphs of the c.d. functions, with the scales along the coordinate axes included, are then congruent. We use the congruence symbol $\simeq$ for this equivalence relation. (2.1) is then expressed by

$$\underline{x} \simeq \underline{y}. \tag{2.2}$$

The statement (2.2) can refer to theoretical or empirical random variables (or vectors) or both as we will see in the examples.

Remark : The notion isomorous (but not the word) and some symbol have been used before. In the literature we find for example the symbols « $\backsim$ » or « $=$ ».

In particular the use of the last symbol is dangerous as this symbol is general used for much stronger equivalence relations then the relation meant here. We will use it for equality with probability one : $P(\underline{x} = \underline{y}) = 1 \rightleftarrows \underline{x} = \underline{y}$. Our congruence symbol has the advantage that the amount of strength it suggests by being the congruence symbol, is about the amount of strength the isomorous relation has. (This last remark is of course very vague).

If on occasion we write $\underline{u} = \underline{v}$ concerning two empirical random variables $\underline{u}$ and $\underline{v}$, then we will assume not only $\underline{u} \simeq \underline{v}$, but also that in case $\underline{v}$ assumes the value c, at the same moment $\underline{u}$ also assumes this value, and for any c.

3. A function of a random variable (or vector).

Let f be a real function and let it assign the value f(x) to x. We assume that f is a good function that is measurable. Let $\underline{x}$ be an empirical random variable. The random variable $\underline{y} = f(\underline{x})$ is defined by stating how it assumes its values : if and only if $\underline{x}$ assumes the value (any value) x, then $\underline{y} = f(\underline{x})$ assumes the value f(x). The probability distribution of $f(\underline{x})$ is given by

$$P(f(\underline{x}) \in T) = P(\underline{x} \in f^{-1}(T)) \tag{3.1}$$

for any Borel set T.

In the case of a theoretical random variable $\underline{x}$, the random variable $f(\underline{x})$ is defined by its distribution given by (3.1).

Observe that *if* $\underline{x} \simeq \underline{y}$ *then* $f(\underline{x}) \simeq f(\underline{y})$.

The notion of a function of a random variable is a very important notion. In case we express this notion in terms of probability distributions however, then we express it in an indirect and a clumsy way, and the notion does not get its good chance to show its worth. This is the reason why this highly efficient notion has not been recognised as such sofar.

Part two : Applications

In order to obtain applications we just take any part of statistics from some textbook and « translate » it into the given terminolgy. It follows that the applications are numerous. We can only present some of them.

4. The normal (Gauss-de Moivre) random variable $\underline{\chi}$.

For reasons, which will become clear when we consider the Chi-square random variables, we introduce, deviating from common practice, the symbol $\underline{\chi}_1$, or shorter $\underline{\chi}$, for the random variable with the c.d. function

$$P(\underline{\chi} \leqslant t) = \int_{-\infty}^{t} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} (\exp - \frac{t^2}{2}) dt$$

Now let $\underline{x}$ be some empirical random variable. We want to make the statement that $\underline{x}$ has a normal distribution with expectation 70 and variance 15^2 (More general μ and σ^2 respectively). This statement is formulated as follows :

$$\underline{x} \mathrel{\widehat{=}} 70 + 15\,\underline{\chi} \qquad (\mu + \sigma\,\underline{\chi} \text{ resp.})$$

On the right-hand side a theoretical random variable is obtained from $\underline{\chi}$ with the help of the function $x \to 70 + 15\,x$. On the left-hand side appears the empirical random variable $\underline{x}$.

Now suppose we want to know the probability of exceeding the number 60. This is

$$P(\underline{x} > 60) = P(70 + 15\,\underline{\chi} > 60) = P(15\,\underline{\chi} > -10) = P(\underline{\chi} > -\tfrac{2}{3})$$

$$= 1 - P(\underline{\chi} < -\tfrac{2}{3}) = 1 - 0{,}253 = 0{,}747 \text{ (table)}$$

5. Symmetry.

It is well known that the random variable $\underline{\chi}$ is symmetric about 0. This property is expressed by

$$\underline{\chi} \mathrel{\widehat{=}} -\underline{\chi}$$

(Observe that $\underline{\chi} = -\underline{\chi}$ would imply $2\,\underline{\chi} = 0$, $\underline{\chi} = 0$ which is false, cf section 8).

In general the symmetry of a random variable $\underline{x}$ (theoretical or empirical) about a constant c can be expressed by

$$\underline{x} - c \mathrel{\widehat{=}} -(\underline{x} - c)$$

and for $c = 0$:

$$\underline{x} \mathrel{\widehat{=}} -\underline{x}$$

Again this may express a true statement concerning some theoretical random variable, but also a hypothesis or assumption concerning an empirical random variable !

6. TESTING $\underline{x} \backsimeq \underline{\chi}$ AGAINST $\underline{x} \backsimeq \mu + \underline{\chi}$ $(\mu > 0)$.

The common test has the interval $x > c$ for some c as critical region. The level of significance is

$$\alpha = P(\underline{\chi} > c)$$

The power of the test is the function of μ :
$\beta(\mu) = P(\mu + \underline{\chi} > c) = P(\underline{\chi} > c - \mu) = 1 - F(c - \mu)$ where F is the c.d. function of $\underline{\chi}$.

7. A UNIFORM RANDOM VARIABLE (rectangular distribution).

Let the c.d. function of a continuous random variable $\underline{x}$ be

$$F(t) = P(\underline{x} \leqslant t)$$

Then $F(\underline{x})$ is a uniform random variable on the interval $[0,1]$. Indeed :
$P(F(\underline{x}) \leqslant \alpha) = P(\underline{x} \leqslant F^{-1}(\alpha)) = F(F^{-1}(\alpha)) = \alpha$ for $0 < \alpha < 1$.

8. THE CONSTANT RANDOM VARIABLE c.

This is the rondom variable $\underline{x}$ with the probability distribution :

$$P(\underline{x} = c) = 1, \qquad P(\underline{x} \neq c) = 0$$

The c.d. function of this random variable is

$$F(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } t < c \\ 1 & t \geqslant c \end{cases}$$

9. THE BINOMINAL AND POISSON RANDOM VARIABLES.

These are

$$\text{binominal : } \underline{k}\,(p, n) \text{ with } P(\underline{k} = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

$$\text{and Poisson : } \underline{k}\,(\lambda) \text{ with } P(\underline{k} = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

Well known *approximations* are

$$\underline{k}\left(\frac{\lambda}{n}, n\right) \backsimeq \underline{k}\,(\lambda) \quad \text{large } n$$

$$(p, n) \backsimeq pn + \sqrt{p(1-p)n}\ \underline{\chi} \quad \text{large } n$$

$$\kappa(\lambda) \backsimeq \lambda + \sqrt{\lambda}\ \underline{\chi} \quad \text{large } \lambda$$

10. Limits.

Definition: If $\underline{v}$ and $\underline{v}_j$ $j = 1, 2, 3, \ldots$ are random variables and

$$\lim_{j=\infty} P(\underline{v}_j \leqslant c) = P(\underline{v} \leqslant c) \text{ for almost any } c$$

then $$\lim^*_{j=\infty} \underline{v}_j \doteq \underline{v}$$

The following theorems are known:

If $\underline{x}_1, \underline{x}_2, \ldots$ are totally independent random variables; and $\underline{x}_j \sim \underline{x}_1$

$$E(\underline{x}_1) = \mu, \quad E(\underline{x}_1 - \mu)^2 = \sigma^2, \text{ then}$$

$$(1) \qquad \lim^*_{n=\infty} \frac{1}{n} \left(\sum_1^n \underline{x}_j\right) \doteq \mu$$

and (central limit theorem)

$$(2) \qquad \lim^*_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\sum_1^n (\underline{x}_j - \mu)\right) \sim \sigma \underline{\chi}$$

11. Characteristic functions.

The characteristic function of the random variables $\underline{x}$, $\underline{y}$ and $\underline{x} + \underline{y}$ are the functions of t

$$E(e^{i\underline{x}t}), \; E(e^{it\underline{y}}) \text{ and } E(e^{it(\underline{x}+\underline{y})})$$

If $\underline{x}$ and $\underline{y}$ are *stochastically independent*, then so are the random variables $e^{it\underline{x}}$ and $e^{it\underline{y}}$ and

$$E(e^{it(\underline{x}+\underline{y})}) = E(e^{it\underline{x}} \cdot e^{it\underline{y}}) = E(e^{it\underline{x}}) \cdot E(e^{it\underline{y}})$$

This is the product rule of characteristic functions for a sum of stochastically independent random variables. (The density function of $\underline{x} + \underline{y}$ is the convolution of the density functions of $\underline{x}$ and $\underline{y}$),.

12. The standard normal random vector $\underline{\chi}_n$.

We consider the n-dimensional euclidean vector space R_n, consisting of columns of n real numbers. The square of the length of the vector a with components (also called coordinates) $a_1, \ldots a_n$, is

$$|a|^2 = a^2 = a_1^2 + \ldots + a_n^2; \; |a| = \sqrt{a^2}$$

The inner product of a and b is

$$ab = a_1 b_1 + \ldots + a_n b_n$$

A linear transformation τ which leaves inner products invariant is an orthogonal transformation:

$$(\tau a)(\tau b) = ab, \; (\tau a)^2 = a^2, \; |\tau a| = |a|$$

If vectors are represented by *columns* (as we will do from now on) then linear transformations can be represented by square matrices and

τa can be read as a matrix multiplication. The inner product is now

$$^t a b \qquad ^t a \text{ is the transpose of } a$$

and

$$^t(\tau a)\ (\tau b) = {}^t a {}^t\tau \tau b = {}^t a b \text{ for any a and b}$$

hence $^t\tau\tau =$ identity.

This is the known condition for a matrix τ to be orthogonal. The columns of the orthogonal matrix are orthogonal unitvectors and they are respectively the images under τ of the standard unitvectors e_j, $j = 1, .. n$. The components of e_j are zero but for the j-th which is 1.

Definition. Let $\underline{u}_1,... \underline{u}_n$ be independent random variables and

$$\underline{u}_j \simeq \underline{\chi} \text{ for } j = 1,... n$$

Then $\underline{\chi}_n$ is the random vector with components $\underline{u}_1,... \underline{u}_n$. It is called the *standard n-dimensional normal random vector.*

The inner product of $\underline{\chi}_n$ with itself is denoted by $\underline{\chi}_n^2$. It is a random variable which has the Chi-square distribution with n degrees of freedom. It is called : *the random variable* $\underline{\chi}_n^2$.

Theorem [12.1] : *If* τ *is an orthogonal transformation then*

$$\tau\, \underline{\chi}_n \simeq \underline{\chi}_n$$

Proof (outline) ; For n = 1 the theorem expresses the symmetry of section 5. It is easy to see that the theorem also holds for n = 2. Then if for general n the transformation τ' acts identically on $\geqslant$ n-2 coordinates, the theorem is also seen to hold. But any orthogonal transormation τ is the product of such « elementary » orthogonal transformations τ'.

Theorem [12.2] : If Λ is a k-dimensional linear subspace of n-dimensional number space, and the orthogonal projection of a vector y into Λ is denoted by y_Λ then

$$[(\underline{\chi}_n)_\Lambda]^2 \frown \underline{\chi}_k^2$$

Proof (outline) : If Λ coincides with R_k, the space with basis $e_1,... e_k$ then $(\underline{\chi}_n)_\Lambda = (\underline{\chi}_n)_{R_k}$ has coordinates $(\underline{u}_1,... \underline{u}_k, 0, ... 0)$ and the conclusion is immediate. If Λ does not coincide with R_k then at any rate there exists an orthogonal transformation τ with $\Lambda = \tau R_k$. Then in view of theorem [12.1] :

$$[(\underline{\chi}_n)_\Lambda]^2 \simeq [(\tau\underline{\chi}_n)_\Lambda]^2 \simeq [(\tau\underline{\chi}_n)_{(\tau R_k)}]^2 \simeq [(\underline{\chi}_n)_{R_k}]^2 \simeq \underline{\chi}_k^2$$

13. The main lemma of the analysis of variance.

Lemma ; Let a ε A c R_n, A and B orthogonal subspaces of dimension p and q of R_n. Then

(13.1) $\quad a\,\underline{\chi}_n \simeq |a|\,\underline{\chi} \qquad |a| = \sqrt{a^2}$

(13.2) $\quad [(\underline{\chi}_n)_A]^2 \simeq \underline{\chi}_p{}^2$

(13.3) $\quad a\underline{\chi}_n$ and $(\underline{\chi}_n)_B$ are stochastically independent.

(1.34) $\quad (\underline{\chi}_n)_A$ and $(\underline{\chi}_n)_B$ are stochastically independent.

Consequently also their squares are stochastically independent. The proof of this lemma is analogous to that of theorem [12.2].

14. Student and Fisher random variables.

Let : $\underline{u} \simeq \underline{\chi}$, $\underline{v} \simeq \underline{\chi}_p$, $\underline{w} \simeq \underline{\chi}_q$
and $\underline{u}$, $\underline{v}$, $\underline{w}$ stochastically independent : $\gamma \geqslant 0$; e_1 is a unitvector in R_p. Then we have the following *scheme of definitions* :

A, central : *short notation*

$$\textit{Student}\ \underline{t}_p \simeq \frac{\underline{u}}{\sqrt{\underline{v}^2/p}} \qquad \frac{\underline{\chi}}{\sqrt{\underline{\chi}_p{}^2/p}}$$

$$\textit{Fisher}\ \underline{F}_q^p \simeq \frac{\underline{v}^2/p}{\underline{w}^2/q} \qquad \frac{\underline{\chi}_p{}^2/p}{\underline{\chi}_p{}^2/q}$$

B, non-central. The excentricity is γ.

$$\textit{Chi-square}\ (\underline{\chi}_p^{\gamma})^2 = (\underline{\chi}_p + \gamma e_1)^2$$

$$\textit{Student}\ \underline{t}_p^{\gamma} \simeq \frac{\underline{u}+\gamma}{\sqrt{\underline{v}^2/p}} \qquad \frac{\underline{\chi}+\gamma}{\sqrt{\underline{\chi}_p{}^2/p}}$$

$$\textit{Fisher}\ \underline{F}_q^{p,\gamma} \simeq \frac{(\underline{v}+\gamma\, e_1)^2/p}{\underline{w}^2/q} \qquad \frac{(\underline{\chi}_p + \gamma e_1)^2/p}{\underline{\chi}_q^2/q}$$

15. Analysis of variance for a latin square.

A very common assumption in analysis of variance is that the random vector $\underline{x}$, which will take a value in some experiment, is a normal random vector of the kind

(15.1) $\quad \underline{x} \simeq \mu + \sigma\,\underline{\chi}_n \qquad \sigma$ a scalar

In (15.1) the following assumptions have been expressed : The components $\underline{x}_1, \ldots\ \underline{x}_n$ of $\underline{x}$ have totally independent normal distributions

each with the same variance σ^2. The expectations of these components constitue the vector

$$E(\underline{x}) = \mu \tag{15.2}$$

Other assumptions will restrict the possible « values » of μ. If all $\underline{x}_i$ $i=1, \ldots n$ are isomorous then μ is a multiple of the vector which has all components equal to 1. These multiples form the onedimensional space N.

Let us now consider the case of a latin square with m columns and m rows and $n = m^2$ plots. N is as above. A is the space of all vectors which have identical values in each column ; B idem rows ; C idem third classification of the latin square. A* consists of all vectors in A that are perpendicular to N ; B*, C* are analogous. T is the space of all vectors perpendicular to A, B and C. D is the join of A, B and C. G is the join of A and B. N, A*, B*, C* and T are mutually orthogonal : A*, B*, C* have dimension (m-1) ; T has dimension $t = m^2\text{-}1\text{-}3\,(m\text{-}1) = m^2 - 3m + 2$ (1).

Along with (15.1) the assumption is made :

$$\mu \in D \tag{15.3}$$

We want to test the *nullhypothesis*

$$\mu \in G \text{ or equivalently} \tag{15.4}$$

$$\mu_C - \mu_N = \mu_C^* = O \text{ (vector)}. \tag{15.5}$$

With the main lemma of the analysis of variance one finds :

$$(\underline{x}_T)^2 \backsimeq [(\sigma\, \underline{\chi}_n)_T]^2 \backsimeq \sigma^2\, \underline{\chi}_t^{\,2}$$

$$(\underline{x}_C)^2 \backsimeq [(\mu + \sigma\, \underline{\chi}_n)_{C^*}]^2 \backsimeq [(\mu_{C^*} + \sigma \underline{\chi}_n)_{C^*}]^2 \backsimeq \sigma^2\, (\underline{\chi}_{m-1}^{\gamma})^2$$

with $$\gamma = \sqrt{(\mu_{C^*})^2 / \sigma^2}$$

and these two are stochastically independent.
Then by section 14 :

$$\frac{(\underline{x}_{C^*})^2 / (m\text{-}1)}{(\underline{x}_T)^2 / t} \backsimeq \underline{F}_t^{m-1,\gamma} \tag{15.6}$$

And if the nullhypothesis (15.4) holds, hence $\gamma = 0$, then the left-hand side is isomorous to

$$\underline{F}_t^{m-1}$$

(1) Compare for the use of vectors in analysis of variance [1, 4, 6], and see also [9].

This can now be tested in the usual way with the critical region of values greater then a constant c. The *level of significance* of the test is $P(\underline{F}_t^{m-1} > c)$. The *power* is the function of γ :

$$P(\underline{F}_t^{m-1,\gamma} > c)$$

This power function was discussed by *M. Keuls* [3] in his talk yesterday.

REFERENCES

(1) Corsten, L.C.A. Vectors, a tool in statistical regression theory. Dissertation Landbouwhogeschool, Wageningen (1958). *Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen*, 158 (1), 1958 ; *Mededelingen van het Instituut voor Rassenonderzoek van Landbouwgewassen te Wageningen*, n° 35.

(2) Keuls, M. Tabellen en nomogrammen voor het onderscheidingsvermogen van de F-toets voor het gebruik bij de gewarde blokkenproef. (dutch) *Statistica Neerlandica*, 14, p. 111-125, (1960).

(3) Id. La puissance du critère F dans l'analyse de la variance de plans en bloc au hasard. Nomogrammes pour le choix du nombre de répétitions. *Revue Biometrie - Praximétrie*, tome 1, n° 3.-4 (1960).

(4) Kuiper, N.H. Variantie-analyse. (dutch), *Statistica Neerlandica*, 6, pp. 149-194 (1952).

(5) Id., Een symbool voor isomoor. (dutch). *Statistica Neerlandica*, 13, pp. 295-317 (1959).

(6) Id., Wiskundige Verwerking van Waarnemingsuitkomsten. (dutch lecture notes). Wageningen. Hogeschoolvereniging, Wageningen 1959.

(7) Id. On the random cumulative frequency function. *Proc, Amsterdam*, A, 63 : *Ind. Math.*, 22, pp. 32-37 (1960).

(8) Id. Tests concerning random points on a circle. *Idem*, pp. 38-47 (1960).

(9) Scheffé, H. The analysis of variance. Wiley 1959.

Summary.

In statistical literature it has been customary to express all statements concerning random variables in terms of their probability distributions. One « estimates a parameter of a distribution » (and not « a parameter of a random variable »). One also speaks of methods to test whether « two experimental results belong to the same probability distribution », etc.

It proves extremely fruitful to put more *emphasis on the random variables themselves*. This simplifies the definition of many notions and the formulation of many problems and statements, as well as the theory. I stress that this is in particular advantageous for those who apply statistics.

Two random variables $\underline{x}$ and $\underline{y}$ are called isomorous if they have the same cumulative probability distribution : $P(\underline{x} \leqslant t) = P(\underline{y} \leqslant t)$. *Notation* : $\underline{x} \cong \underline{y}$.

Apart from the *theoretical random variables* like $\underline{t}_r$ and $\underline{F}_q{}^p$ with mathematically given distribution functions, we consider *empirical random variables*. An empirical random variable is defined in terms of some very much specified kind of experiment (e.g. tossing five coins). A number obtained in a specified

way from such an experiment is a value the empirical random variable has assumed in this experiment.

Let $\underline{x}$, $\underline{y}$ be empirical random variables, (or vectors) $\underline{\chi}_n$ is the n-dimensional standardized random normal (Gauss) vector.

$\underline{\chi}_1 = \underline{\chi}$.

$\underline{\chi}_n^2$ (innerproduct) $= \underline{\chi}_n^2$ (usual meaning).

We formulate some frequently used statements (which may be true or not in particular cases) :

$\underline{x} \cong \mu + \sigma \underline{\chi}$; vector $x \cong \mu + \sigma \underline{\chi}_n$; $\underline{y} \cong \sigma^2 \underline{\chi}_p^2$; $\underline{x} \cong -\underline{x}$; $\underline{x} \cong \underline{y}$; and well known theorems :

$\underline{\chi} \cong -\underline{\chi}$; $\sqrt{2\underline{\chi}_n^2} \cong \sqrt{2n-1} + \underline{\chi}$ asymptotic ; the central limit theorem $\lim^* \frac{\Sigma(\underline{x}_i - \mu)}{\sqrt{n}} \cong \sigma\underline{\chi}_1$.

Variables aléatoires et vecteurs aléatoires

Résumé.

Il est habituel, dans la littérature statistique, d'exprimer toutes les propriétés relatives à des variables aléatoires en termes de distributions de probabilité. On estime un « paramètre de distribution » (et non un « paramètre de variable aléatoire »). On parle aussi de méthodes destinées à tester si « deux résultats expérimentaux appartiennent à la même distribution de probabilité », etc.

Il est extrêmement intéressant d'*apporter plus d'attention aux variables aléatoires elles-mêmes*. Cela simplifie aussi bien la théorie que la définition de nombreuses notions et la formulation de nombreux problèmes et de nombreuses propriétés. J'insiste sur le fait que ceci est particulièrement intéressant pour ceux qui utilisent la statistique.

Deux variables aléatoires $\underline{x}$ et $\underline{y}$ sont dites isomores lorsqu'elles ont la même distribution cumulative de probabilité : $P(\underline{x} \leqslant t) = P(\underline{y} \leqslant t)$. *Notation* : $\underline{x} \cong \underline{y}$.

En dehors de *variables aléatoires théoriques*, telles que $\underline{t}_r$ et $\underline{F}_q{}^p$, qui possèdent des fonctions de distribution connues, nous considérons des *variables aléatoires empiriques*. Une variable aléatoire empirique est définie en fonction d'un type d'expérience parfaitement spécifié (par exemple : jeter 5 pièces de monnaie). Un nombre obtenu d'une certaine manière à la suite d'une telle expérience est une valeur prise par la variable aléatoire empirique au cours de cette expérience.

Soit deux variables (ou vecteurs) aléatoires $\underline{x}$ et $\underline{y}$, $\underline{\chi}_n$ est le vecteur aléatoire normal standardisé à n dimensions.

$\underline{\chi}_1 = \underline{\chi}$.

$\underline{\chi}_n^2$ (produit interne) $= \underline{\chi}_n$ (signification habituelle).

Nous formulons quelques propriétés fréquemment utilisées (qui peuvent être vraies ou fausses dans des cas particuliers) :

$\underline{x} \cong \mu + \sigma\underline{\chi}$, vecteur $\underline{x} \cong \mu + \sigma\underline{\chi}_n$; $y \cong \sigma^2\underline{\chi}_p{}^2$; $\underline{x} \cong -\underline{x}$; $\underline{x} \cong y$; et quelques théorèmes bien connus :

$\underline{\chi} \cong -\underline{\chi}$; $\sqrt{2\underline{\chi}_n{}^2} \cong \sqrt{2n-1} + \underline{\chi}$ asymptotique ; le théorème central limite : $\lim^* \frac{\Sigma(\underline{x}_i - \mu)}{\sqrt{n}} \cong \sigma\underline{\chi}_1$.

Zufallsvariablen und Zufallsvektoren

ZUSAMMENFASSUNG.

In der statistischen Literatur ist es zur Gewohnheit geworden, sämtliche, sich auf Zufallsvariablen beziehende Eigentümlichkeiten, in der Wahrscheinlichkeitsverteilungssprache auszudrücken. Man schätzt einen « Verteilungsparameter » (und nicht einen « Zufallsvariablenparameter »). Man spricht auch von Methoden, die bestimmt sind, zu testieren ob « zwei experimentelle Ergebnisse zu derselben Wahrscheinlichkeitsverteilung gehören », usw.

Es ist äussert interessant, *den Zufallsvariablen mehr Widmung zu schenken.* Das vereinfacht sowohl die Theorie wie auch die Definition zahlreicher Begriffe und die Formulierung zahlreicher Probleme und zahlreicher Eigenschaften. Ich bestehe darauf, dass dies besonders interessant ist für diejenigen, die die Statistik benutzen.

Zwei Zufallsvariablen $\underline{x}$ und $\underline{y}$ werden als Isomoren bezeichnet, wenn sie diegleiche kumulative Wahrscheinlichkeitsverteilung haben : $P(\underline{x} \leqslant t) = P(\underline{y} \leqslant t)$. *Notierung* : $\underline{x} \cong \underline{y}$.

Ausser theoretischen Zufallsvariablen, sowie $\underline{t}_r$ und $\underline{F}_q{}^p$, die bekannte Verteilungsfunktionen besitzen, erwägen wir *empirische Zufallsvariablen.* Eine empirische Zufallsvariable wird bestimmt nach einem genau bestimmten Experimenttypus (z.B. : 5 Geldstücke werfen). Eine auf gewisse Weise nach einem solchen Experiment erhaltene Zahl ist ein durch die empirische Zufallsvariable im Laufe dieses Versuchsgewählter Wert.

Angenommen zwei Variablen (oder Vektoren) $\underline{x}$ und $\underline{y}$, so ist $\underline{\chi}_n$ der standardisierte n-dimensionale normale Zufallsvektor.

$\underline{\chi}_1 = \underline{\chi}$.

$\underline{\chi}_n{}^2$ (internes Produkt) $= \underline{\chi}^2{}_n$ (gewöhnliche Bedeutung).

Wir formulieren einige haüfig benutzte Eigenschaften (die richtig oder falsch in besonderen Fällen sein können) :

$x \cong \mu + \sigma\underline{\chi}$; Vektor $\underline{x} \cong \mu + \sigma\underline{\chi}_n$; $\underline{y} \cong \sigma^2\underline{\chi}^2{}_p$; $\underline{x} \cong -\underline{x}$; $\underline{x} \cong \underline{y}$;

und einige gut bekannt Lehrsätze :

$\underline{\chi} \cong -\underline{\chi}$; $\sqrt{2\underline{\chi}_n{}^2} \cong \sqrt{2n-1} + \underline{\chi}$ asymptotisch ; der Zentraler Grenzwertsatz : $\lim^* \frac{\Sigma(\underline{x}_i - \mu)}{\sqrt{n}} \cong \sigma\underline{\chi}_1$.

Dynamique des populations de poissons soumis à la capture

Mme E. Defrise-Gussenhoven
Assistante à l'Université libre de Bruxelles (Belgique)

Avant la dernière guerre mondiale, le produit de la pêche au chalut en mer du Nord diminuait d'année en année ; les résultats furent meilleurs après la guerre, les stocks de poissons ayant eu le temps de s'accroître à cause de la faible intensité de la pêche pendant les hostilités. Une règlementation des pêcheries à l'échelle internationale s'imposa cependant dès 1947, car on pouvait craindre un nouvel épuisement.

Sur quelles bases rationnelles fonder une telle réglementation ? Que peut-on appeler une « bonne façon commerciale de pêcher » ? Quelle action directe l'homme — le prédateur — a-t-il sur l'importance numérique et le poids des captures ?

C'est à ces questions que tentent de répondre les auteurs R. J. H. Beverton et S. J. Holt dans leur bel ouvrage *On the dynamics of exploited fish populations* (éd. : Her Majesty's Stationery Office, London 1957, 533 pp.). Il s'agit d'une synthèse de tous les travaux antérieurs, en même temps que d'une large contribution originale des auteurs, basée sur de nombreuses données fournies par les pêcheries.

Bien entendu, les modèles mathématiques et les conclusions pratiques proposés par les auteurs sont susceptibles d'être modifiés au fur et à mesure que les changements d'équilibre dûs aux nouvelles réglementations se feront jour et que l'on disposera de données supplémentaires utiles à une meilleure connaissance de la vie sous-marine.

Tel quel, l'ouvrage cité pose un premier jalon important dans ce domaine et nous ne croyons pas inutile d'en résumer quelques aspects essentiels.

Signalons qu'il serait du plus haut intérêt de modifier les modèles proposés pour les adapter à la pêche dans les lacs congolais ; ces pêcheries se sont, en effet, développées considérablement pendant les dernières années et il est urgent d'envisager une réglementation basée sur des données scientifiques.

Par. 1. — Modèle fondamental pour définir l'équilibre dans une pêcherie stable, (ce modèle n'est relatif qu'à un genre de poisson — la plie est prise comme exemple).

Symboles :

S_1 : poids total des plies au début de la période exploitée.
S_2 : poids total des plies à la fin de la période exploitée.

A : poids des recrues atteignant la zone de pêche pendant la période exploitée.
G : accroissement du poids des poissons pendant la période exploitée.
M : poids des plies qui meurent naturellement pendant la période exploitée.
C : poids des plies qui sont capturées pendant la période exploitée.

On a $S_2 = S_1 + A + G - (M + C)$
et, pour que le stock de plies ne diminue pas malgré la pêche, il faut que $S_2 = S_1$, c'est-à-dire que $A + G$ soit égal à $M + C$. Autrement dit, l'arrivée de nouvelles recrues et la croissance doivent compenser la mortalité, qu'elle soit due à la capture ou à des causes naturelles.

Pour être utilisable, la relation simple

$$A + G = M + C$$

demande à être traduite en fonction des diverses données tirées de l'expérience. C'est à quoi tendent les paragraphes suivants.

Par. 2. — Mode de croissance du poisson.

Les équations liant la longueur et le poids à l'âge sont celles de von Bertalanffy.

longueur à l'âge t : $l_t = L\infty \left[1 - e^{-K(t - t_0)}\right]$ (1) (fig. 1)

poids à l'âge t : $w_t = W\infty \left[1 - e^{-K(t - t_0)}\right]^3$ (2) (fig. 2)

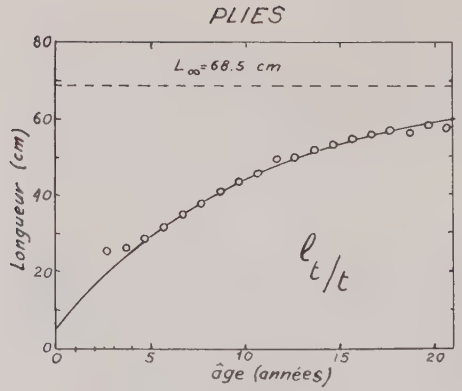
$L\infty$ et $W\infty$ sont respectivement la longueur et le poids maximum ; K est une constante de croissance, variant avec l'espèce ; t_0 est l'âge théorique auquel le poisson aurait une longueur et un poids nuls. Pour la plie en mer du Nord

$$L\infty = 68{,}5 \text{ cm} \qquad W\infty = 2{,}867 \text{ kg}$$
$$K = 0{,}095 \qquad t_0 = -0{,}815 \text{ (années)}$$

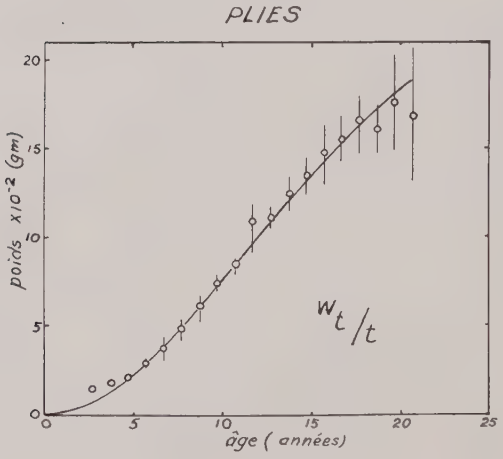
L'équation (2) peut être mise sous une forme plus maniable

$$(2)\quad w_t = W\infty \sum_{i=0}^{3} \Omega_i \, e^{-iK(t - t_0)} \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \Omega_0 = 1 \\ \Omega_1 = -3 \\ \Omega_2 = +3 \\ \Omega_3 = -1 \end{cases}$$

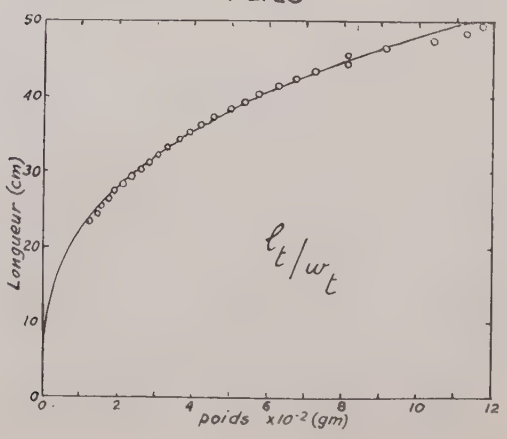
La figure 3 montre la courbe ajustée aux points expérimentaux ; elle a comme équation $w_t = 0{,}00892\ l_t^3$



(Fig. 1)
R.J.H BEVERTON-S.J.HOLT



(Fig.2)
R.J.H. BEVERTON-S.J. HOLT



(Fig.3)
R.J.H. BEVERTON-S.J.HOLT

Par. 3. — Recrutement des poissons dans la zone exploitée.

En mer du nord, la ponte est annuelle ; pour les plies elle a lieu à la fin de l'hiver. Les larves et les alevins se développent à l'écart de la population adulte, dans des endroits connus. A un certain âge, les jeunes rejoignent le stock adulte dans les zones exploitées par la pêche.

Le schéma suivant (fig. 4) résume les différentes phases de la vie des plies nées pendant une même saison.

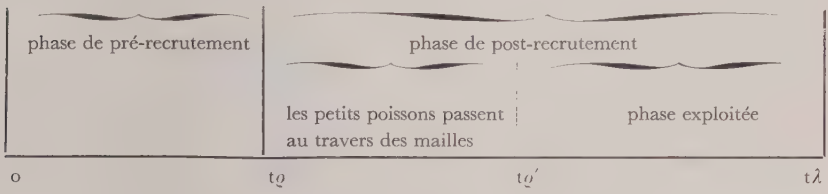


Fig. 4

Les jeunes poissons rejoignent la zone exploitée à l'âge tϱ. Cet âge est une constante biologique pour chaque espèce. Elle vaut 3,72 ans pour les plies. Dans la zone exploitée, les petits poissons capturés s'échappent d'abord au travers des mailles du chalut ; plus grands, ils s'échappent de plus en plus difficilement.

L'âge tϱ' est celui auquel 50 % des poissons capturés s'échappent. La longueur du poisson à cet âge tϱ' est appelée *pouvoir de libération du chalut.*

Cet âge tϱ' et la longueur moyenne lϱ' correspondante dépendent essentiellement du maillage du cul du chalut. Aussi, en imposant une maille uniforme à tous les chaluts, il est possible de fixer au choix l'âge tϱ'.

Voici comment on établit expérimentalement le lien entre tϱ' ou lϱ' et la grandeur de la maille.

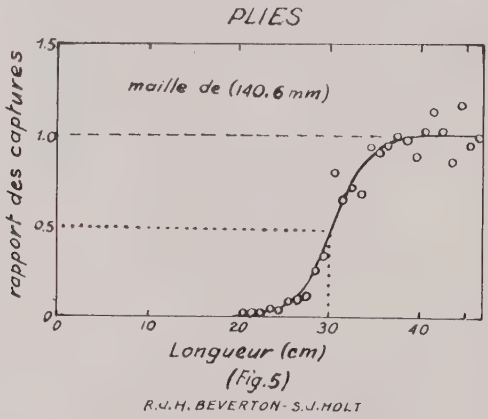
Cette grandeur est donnée par la largeur de la plus grande jauge plate que l'on peut introduire dans la maille étirée.

Avant guerre, la maille du cul du chalut, ainsi mesurée, valait 70 mm. mesure de la maille.

On effectue alors une pêche expérimentale avec deux chaluts au même endroit : l'un ayant des mailles très serrées, l'autre une maille dont il faut établir le pouvoir de libération.

Pour chaque longueur de poisson, on calcule le rapport entre les captures des deux chaluts. La figure 5 donne les résultats relatifs à un chalut de maille égale à 140,6 mm. Elle montre que le pouvoir de libération d'une maille de 140,6 mm est 30 cm. Cela signifie que cette maille retient 50 % des plies capturées longues de 30 cm.

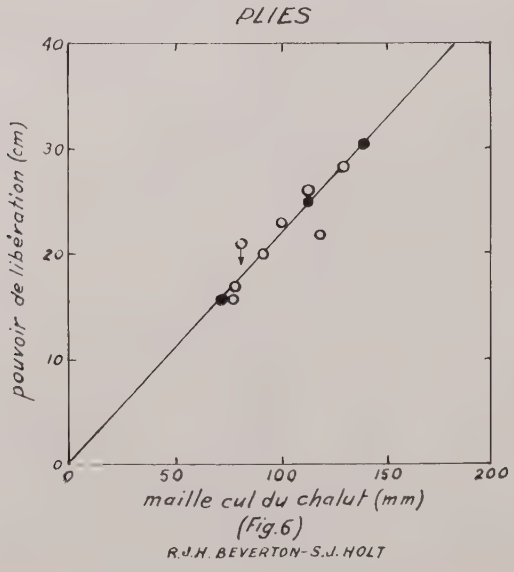
En multipliant les expériences, on établit le lien entre chaque grandeur de maille et son pouvoir de libération. Ce lien est linéaire et on a : pouvoir de libération (longueur de la plie en cm) = 2,18 × maille du cul du chalut (en mm).



La figure 6 illustre ce lien.

L'âge $t_{\varrho'}$ est donc une donnée essentielle de la réglementation de la pêche ; on peut la fixer en choisissant une maille convenable.

L'âge t_{λ} est l'âge maximum dans une zone exploitée. Pour les plies, il est estimé à 15 ans et il correspond à une longueur de 53 cm. Il y a



des plies plus grandes, mais leur contribution au poids total capturé est négligeable.

Avant guerre, pour une maille de 70 mm., t_ϱ et t_ϱ' avaient la même valeur, 3,72 ans, de sorte que, aussitôt arrivées dans la zone exploitée, les jeunes plies étaient capturées ; elles n'avaient alors qu'à peine 24 cm de long et pesaient 123 gr.

Par. 4. — Coefficient M de mortalité due a des causes naturelles.

La relation la plus simple entre le nombre N de poissons présents à un instant t dans la zone exploitée et le nombre dN qui meurt entre les instants t et t+dt, est

$$M\left(\frac{dN}{dt}\right) = - MN \quad (3)$$

M dt est donc la probabilité de mourir dans l'intervalle de temps dt. La formule (3) est classique et s'intègre facilement si l'on admet que M est constant à partir de l'âge t_ϱ. Pour les plies, M est estimé à 0,1 lorsque l'unité de temps est l'année. M a la dimension T^{-1}.

Si R est le nombre annuel de recrues d'âge t_ϱ atteignant la zone exploitée, alors le nombre N_t atteignant l'âge t est obtenu en intégrant (3)

$$N_t = R\, e^{-M\,(t\,-\,t_\varrho)} \quad (4) \text{ pour } t_\varrho < t < t_\varrho'.$$

A partir de l'âge t_ϱ', la mortalité due à la pêche intervient aussi. Le nombre annuel R de recrues de la période d'avant-guerre était estimé à $2{,}8 \times 10^8$.

Par. 5. — Coefficient F de mortalité de capture.

Pour chaque chalutier de la flotte on établit le rapport suivant :

$$r = \frac{\text{poids des captures pendant une heure de temps de pêche du chalutier}}{\text{poids des captures pendant une heure de temps de pêche d'un chalutier de référence.}}$$

le chalutier de référence étant muni de matériel standard et pêchant au même moment sur une même densité de poisson que l'autre.

On peut réduire en *heures standard*, les heures de pêche de n'importe quel chalutier en les multipliant par le rapport r.

L'effort annuel de pêche d'une flotte opérant sur une aire donnée est le nombre annuel d'heures de pêche standard.

L'intensité de pêche de la flotte est l'effort annuel par unité d'aire. On la désigne par f.

Grâce à ces définitions, une distinction claire est faite entre effort et intensité de la pêche.

Dès lors, la probabilité de rencontre d'un poisson avec un chalut est proportionnelle à f.

La quantité dN de poissons pris en un intervalle de temps est proportionnelle au nombre de poissons N, à l'intensité de la pêche f et à dt

$dN = -c \times f \times N \times dt$, où c est une constante de proportionalité. En posant $c \times f = F$ on obtient

$$F\left(\frac{dN}{dt}\right) = -F \times N \quad (5)$$

F est appelé le coefficient de mortalité de capture et M + F est le coefficient de mortalité totale à partir de l'âge t_ϱ'

La dimension de F est T^{-1}

Pour les plies, F valait 0,73 avant guerre, c = 0,25 et f = 2,9 c'est-à-dire 3 heures standard de pêche par an sur 3,4 km² (l'unité d'aire = 1 square nautical mile = 3,4 km²)

Par. 6. — Poids total des captures faites aux dépens d'une même classe d'age, depuis son entrée dans la zone exploitée jusqu'a son extinction totale.

Si R est le nombre annuel de recrues atteignant la zone exploitée (à l'âge t_ϱ), nous savons que (4)

$$N_t = R\, e^{-M\,(t - t_\varrho)} \text{ pour } t_\varrho < t < t_{\varrho'}$$

et $R' = R\, e^{-M\,(t_{\varrho'} - t_\varrho)} = R e^{M\varrho}$ (6) (si l'on pose $t_{\varrho'} - t_\varrho = \varrho$) est alors le nombre des poissons qui atteignent chaque année l'âge $t_{\varrho'}$, auquel ils risquent de se faire prendre.

Nous pouvons supposer, sans grande erreur, que jusqu'à l'âge $t_{\varrho'}$, tous les poissons échappent au chalut et qu'après l'âge $t_{\varrho'}$ plus aucun poisson capturé n'échappe. (Knife-edge selection).

Nous voyons alors que si N_t poissons survivent jusqu'à l'âge $t > t_{\varrho'}$, on a

$$N_t = R'\, e^{-(F + M)\,(t - t_{\varrho'})}$$

Or, le poids w_t d'un poisson d'âge t est donné par la formule (2)

$$w_t = W_\infty \sum_{i=0}^{3} \Omega_i\, e^{-iK\,(t - t_0)}$$

de sorte que le poids total des poissons d'une classe d'âge à l'âge t est

$$N_t w_t = R' W_\infty e^{-(F + M)\,(t - t_{\varrho'})} \sum_{i=0}^{3} \Omega_i\, e^{-iK\,(t - t_0)}$$

Le poids des poissons capturés entre les temps t et t + dt est

$$d\,y_w = FN_t\,w_t\,dt$$

En intégrant cette équation différentielle entre $t_{\varrho'}$ et t_λ, on obtient la formule fondamentale.

$$Y_w = FR'W_\infty \sum_{i=o}^{3} \frac{\Omega_i e^{-iK(t_{\varrho'} - t_o)}}{F + M + iK} \left[1 - e^{-(F+M+iK)\lambda}\right] \quad (7)$$

où $\lambda = t\lambda - t_{\varrho'}$ et où y_w est le poids total prélevé sur une classe d'âge depuis son arrivée dans les eaux soumises à la pêche jusqu'à son extinction complète.

En remplaçant R' par sa valeur dans la formule (7), on obtient

$$Y_w = FRW_\infty e^{-M\varrho} \sum_{i=\phi}^{3} \frac{\Omega_i \left[e^{-iK(t_{\varrho'} - t_o)}\right]}{F + M + iK} \left[1 - e^{-(F+M+iK)\lambda}\right] \quad (8)$$

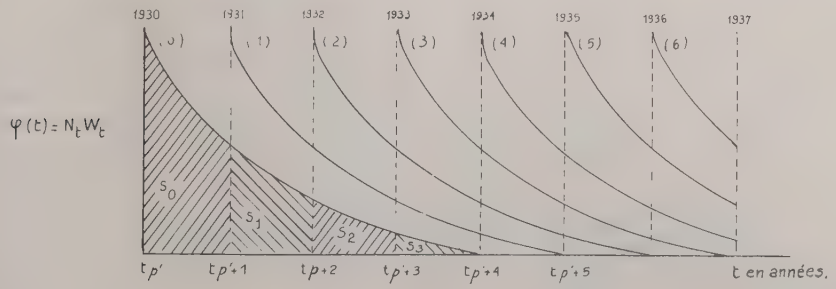
Or, dans une pêcherie stabilisée, opérant sur une *population en équilibre*, les paramètres de cette équation conserveront leur valeur d'année en année

On peut démontrer que Y_w *donné par la formule* (8) *est aussi le poids annuel des captures prélevées sur toutes les classes d'âges présentes simultanément dans la zone exploitée.*

La figure 7, très schématisée, rend intuitive cette propriété.

Nous avons vu que $N_t w_t = \varphi(t)$: le poids total des poissons d'une classe de recrues ayant atteint l'âge $t > t_{\varrho'}$, est une fonction de t.

La courbe (°) est relative à des poissons de même âge ; ils commencent à être capturés en l'année 1930. Supposons qu'à la fin de l'année 1933 ils soient tous éteints.



(Fig. 7)

R. J. H. BEVERTON - S. J. HOLT.

Les courbes (1), (2), (3), (4), (5), (6) sont relatives aux poissons de classes d'âge successives, commençant à être capturées respectivement en 1931, 1932, etc...

Or, le poids des poissons capturés aux dépens de la classe (0) est, nous l'avons vu

$$Y_w = F \int_{t\varrho'}^{t\lambda} \varphi\ (t)\ dt$$

c'est-à-dire une fraction F de la surface comprise entre la courbe (°) et les axes. Cette surface se décompose en quatre parties, S_0, S_1, S_2, S_3, que l'on retrouve entre l'axe t et les tronçons de courbe (0), (1), (2), (3) limités par les verticales des années 1933 et 1934.

On voit que Y_w est bien le poids total capturé en un an, à condition que les courbes (0), (1), (2), (3), (4), (5), (6) soient identiques, c'est-à-dire à condition que tous les paramètres soient constants.

(8) *est l'équation fondamentale du produit annuel de la pêche dans une pêcherie en équilibre.*

Par. 7. — Examen de quelques paramètres de la formule d'équilibre.

Une fois en possession de la formule (8), on peut examiner plus en détail les hypothèses faites pour l'obtenir. En serrant de plus près la réalité, on constate que certains paramètres ne sont pas rigoureusement constants. Il faut alors examiner séparément chacun d'eux, faire à son sujet des hypothèses plus conformes aux données expérimentales et examiner l'effet de cette correction sur le poids annuel des captures.

$t\varrho'$ — Nous avons admis qu'avant l'âge $t\varrho'$ tous les poissons capturés échappent et qu'ensuite tous sont retenus. C'est la sélection « en lame de couteau », tout ou rien. Cependant, la figure 5 révèle entre la longueur et le pourcentage des poissons qui échappent à une maille donnée, une relation en forme d'ogive.

Assimilant cette courbe à une droite, on fixe deux âges t' et t'', tels qu'avant l'âge t' tous les poissons échappent, entre t' et t'' la probabilité de capture augmente linéairement, après t'' plus aucun poisson pris ne peut fuir. On a ainsi pour F les valeurs suivantes :

pour $t < t'$, $F = o$
pour $t' \leqslant t \leqslant t''$, $F = k\ (t-t')$, k étant une constante
et pour $t'' \leqq t < t\lambda$, $F = F\infty$ = constante.

Cette précision fait varier Y_w de moins de 4 % de sa valeur ; c'est pourquoi en admettant que $t' = t'' = t\varrho'$, on ne fait qu'une erreur assez faible.

l_t — On a adopté entre la taille du poisson et son âge une liaison fonctionnelle. En réalité, cette liaison est stochastique ; les poissons de même âge ont des longueurs différentes formant une répartition normale. C'est la moyenne de chaque répartition, la valeur la plus probable l_t, qui est adoptée dans la formule (1).

R — Pour admettre la stabilité de la population, il a fallu supposer que le nombre annuel de recrues R est constant. Or, il dépend du nombre d'œufs pondus par la population adulte.

Un raisonnement ingénieux conduit à une relation

(9) $R = \dfrac{1}{\alpha + \dfrac{\beta}{E}}$, donnant le nombre de recrues, atteignant la zone exploitée, en fonction de E, le nombre total d'œufs pondus pendant une saison, α et β étant des constantes.

Pour obtenir cette relation, on suppose que M, le coefficient de mortalité naturelle des larves, dépend de leur densité. Autrement dit plus le nombre N de larves est élevé, plus la mortalité augmente à cause de la lutte pour la nourriture. On a

$M = \mu_1 (t) + \mu_2 (t) N$. Cette formule est due à Kostitzin, 1939.

D'autre part, si chaque recrue pond, pendant la totalité de son existence, γ œufs, R recrues pondront

$$\gamma \quad R = E_o \quad \text{œufs.}$$

Dans une population stable, E_o est aussi le nombre total d'œufs pondus par l'ensemble des classes d'âge en une année ; c'est-à-dire que $E_o = E$.

Pour que le nombre de recrues soit constant, il faut donc que

$$R = \frac{1}{\alpha + \dfrac{\beta}{\gamma}} \quad \text{ou} \quad R = \frac{\gamma - \beta}{\alpha\ \gamma} \qquad (10)$$

(10) est la condition de la constance du recrutement.

Tant que l'équilibre $R = \dfrac{\gamma - \beta}{\alpha\ \gamma}$ est réalisé, une diminution ou une augmentation du nombre d'œufs dû à des circonstances fortuites trouble momentanément l'équilibre, mais le système tend à revenir à son état initial (self compensating system).

D'autre part, si la diminution des œufs n'est pas accidentelle mais due à une cause permanente, par exemple l'augmentation de l'intensité de la pêche, le système, momentanément troublé, atteindra un nouveau point d'équilibre lorsque le nombre de recrues sera égal à

$R' = \dfrac{\gamma' - \beta}{\alpha\ \gamma'}$ avec $\gamma' < \gamma$ et $R' < R$.

Une augmentation brusque de l'intensité de la pêche diminue donc le nombre de recrues et par conséquent la population totale ; mais à la longue, un nouvel équilibre s'établit ; dans ce nouvel état, le nombre annuel de recrues sera de nouveau constant et par conséquent indépendant du coefficient F de mortalité de capture.

t_{ϱ}' et F — Dans la formule (8) d'équilibre, on considère t_{ϱ}' et F comme des variables indépendantes et, dans la recherche des conditions de pêche optimale, nous verrons que l'on fait varier F et t_{ϱ}' de façon indépendante.

Nous soulevons ici une question délicate qui, de l'avis des auteurs mêmes, n'a pas trouvé de solution complète, des données expérimentales suffisantes faisant défaut.

En effet, examinons les grandeurs t_{ϱ}' et F. t_{ϱ}', âge auquel 50 % des poissons échappent, ne dépend pratiquement que de la grandeur des mailles du cul du chalut [1].

D'autre part, F est directement proportionnel à f, l'intensité de la pêche, c'est-à-dire l'effort annuel par unité d'aire. Rappelons que l'effort annuel d'une flotte est le nombre annuel d'heures standard consacrées à la pêche. Pour réduire en heures standard le temps de pêche d'un chalutier, on multiplie ce temps par le rapport du poids des captures de ce chalutier aux captures d'un chalutier de référence muni d'un équipement standard.

Or, l'efficience d'un chalutier dépend naturellement de son tonnage, de la puissance et de la nature de son moteur et des dimensions du chalut. Mais, certaines expériences semblent indiquer que, toutes choses égales d'ailleurs, le maillage joue aussi un certain rôle : si les mailles sont plus larges, le poids total des captures sera en général plus grand. Par suite, f et F augmenteraient dans une certaine mesure avec la maille ; F et t_{ϱ}' seraient tous les deux fonctions de la maille.

Pour connaître l'importance de la liaison entre F et t_{ϱ}', il faut attendre que l'on mette au point des expériences propres à résoudre la question.

Cependant, si F, comme on le pense, n'est que faiblement lié à t_{ϱ}', ce lien n'interviendra que peu dans la recherche des conditions de pêche optimale. Aussi, admettrons-nous avec les auteurs que ces variables sont indépendantes : F ne dépendra pas du maillage, mais uniquement de l'effectif de la flotte et du nombre d'heures de pêche.

(1) Des expériences de chalutage comparé, indiquent cependant que la matière dont est fait le chalut a aussi une influence sur son pouvoir de libération. Il n'en est pas tenu compte ici.

Par. 8. — Estimation des paramètres de la formule d'équilibre (8).

Chacun des paramètres de la formule (8) doit être estimé à partir des statistiques des pêcheries régulières et de certaines expériences conçues spécialement.

Ainsi l'estimation de F est basée sur des expériences de marquage des poissons ; M + F, le coefficient de mortalité totale, s'obtient en comparant les captures successives faites chaque année aux dépens d'une même classe d'âge ; l'âge $t_{\varrho'}$ est estimé à partir d'expériences de chalutage comparé ; le lien entre l'âge d'un poisson d'une espèce donnée et sa longueur est obtenu soit par l'étude directe de la croissance d'alevins marqués, soit par la méthode indirecte des otolithes, de certains os ou des écailles, sur lesquels les ralentissements de croissance se marquent chaque hiver en zones sombres ; l'intensité f de la pêche se calcule à partir des statistiques des captures annuelles de l'ensemble des chalutiers et du nombre d'heures consacrées à la pêche par chaque unité.

Le lecteur trouvera dans l'ouvrage de Beverton et Holt un exposé minutieux des méthodes utilisées.

Par. 9. — Recherche d'une façon optimale de pêcher.

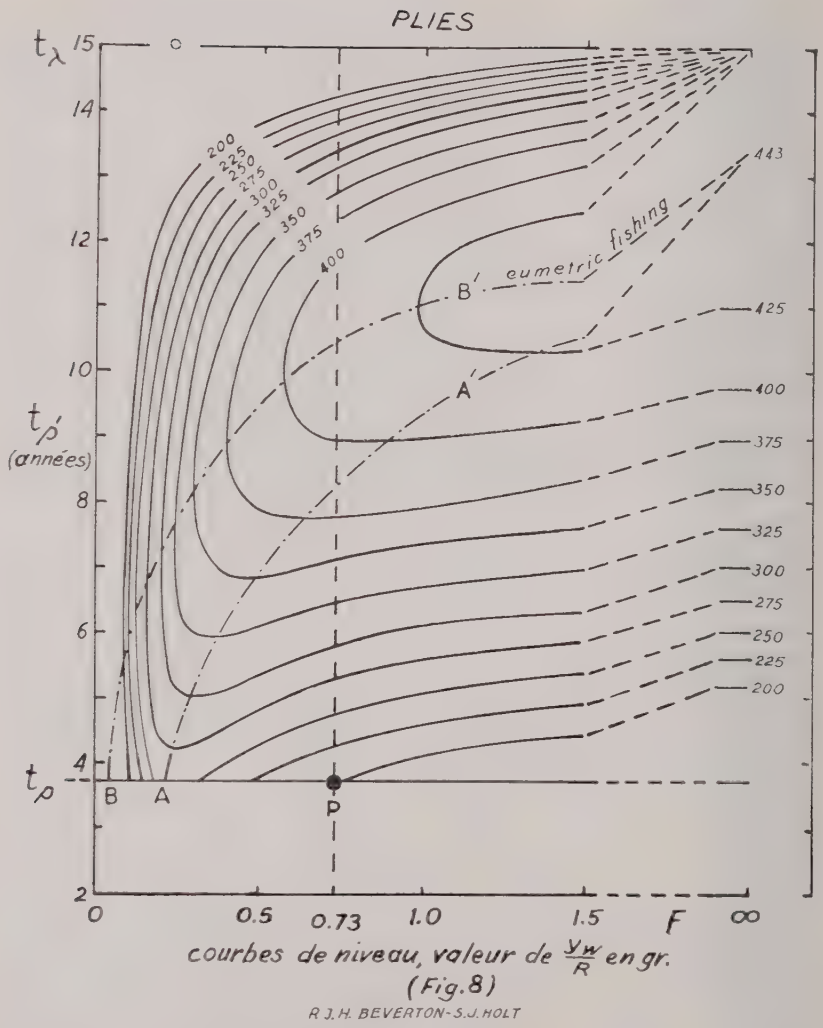
Y_w, le poids annuel des captures, dépend de plusieurs paramètres. L'homme peut agir sur deux d'entre eux, $t_{\varrho'}$ et F, les autres étant constants dans une pêcherie stable.

Nous pouvons donc considérer Y_w comme fonction de $t_{\varrho'}$ et de F ou encore $\frac{Yw}{R} = f\ (t_{\varrho'}, F)$.

Agir sur $t_{\varrho'}$, c'est-à-dire faire varier la maille du cul du chalut, ne coûte pratiquement rien. Vérifier si la maille imposée est réellement pratiquée par les pêcheurs est plus difficile et exigerait un contrôle serré. En effet, il se peut que l'emploi d'une plus grande maille diminue momentanément le produit de la pêche, le bénéfice ne pouvant se manifester qu'après quelques années lorsque les stocks auront eu le temps de s'accroître. Aussi, le sacrifice d'abord exigé risque de rencontrer peu de succès auprès des pêcheurs. Mais il s'agit là d'un problème pratique sortant du cadre de cette étude.

Agir sur F, c'est-à-dire sur l'intensité de la pêche, implique un changement de l'effectif de la flotte et du nombre d'heures de pêche, de sorte que les variations imposées à F entraînent des perturbations économiques et sociales.

La figure (8) montre les courbes de niveau correspondant à $\frac{Y_W}{R}$,



c'est-à-dire le poids annuel capturé par recrue, pour chaque combinaison particulière de t_ϱ' et de F.

Le maximum absolu de $\frac{Yw}{R}$ est 443 gr. Il correspond à une valeur de $F = \infty$ et à un âge $t_\varrho' = 13{,}35$ ans. L'âge 13,35 ans, auquel correspondent des plies de 50 cm de long, est celui où le poids total d'une classe d'âge est maximum. A cet âge, les pertes dues à la mortalité naturelle sont surcompensées au maximum par l'accroissement de poids des survivants. Après cet âge, le poids total diminue.

Pour obtenir ce maximum de Y_w ou de $\frac{Yw}{R}$, il faut donc choisir une maille suffisamment grande (de 227 mm) pour retenir les poissons de 13,35 ans et plus et il faut prendre tout le contingent d'un coup ($F = \infty$).

L'année suivante, lorsque la classe d'âge suivante atteint 13,35 ans on la prendra encore d'un coup. Dans une pêcherie où l'on agirait ainsi d'année en année, il n'y aurait jamais de poissons de plus de 13,35 ans.

Bien entendu, cette méthode n'est pas pratiquable, puisqu'elle fournirait, une seule fois par an, une quantité énorme de poissons.

On voit qu'il faut sacrifier une partie du produit annuel et régler la pêche en tenant compte de facteurs économiques et sociaux. La pêche doit être rentable et le prix de revient suffisamment bas ; en même temps, le travail des pêcheurs doit être réparti sur toute l'année et l'alimentation des marchés régulière.

Une première approximation de pêche profitable est celle qui consiste à pratiquer la *pêche eumétrique.*

Pour chaque valeur particulière de F, on calcule t_ϱ' ou la maille qui maximise le produit annuel. Sur la figure 8, la courbe BB' correspond à ces valeurs de t_ϱ' qui rendent $\frac{Yw}{R}$ maximum pour chaque valeur de F. C'est la courbe de la pêche eumétrique. On lit, sur la figure, que pour $F = 0{,}73$ — valeur d'avant guerre — t_ϱ' maximum vaut 10,5 ans ; il correspond à une maille de 200 mm et à une valeur de $\frac{Yw}{R} = 420$ gr.

Le point P est celui des valeurs de t_ϱ' et F pratiquées avant la guerre ; il est loin de la courbe eumétrique !

Les poissons étaient capturés dès qu'ils entraient dans la zone exploitée. $t_\varrho = t_\varrho' = 3{,}72$ ans. $\frac{Yw}{R}$ valait 200 gr.

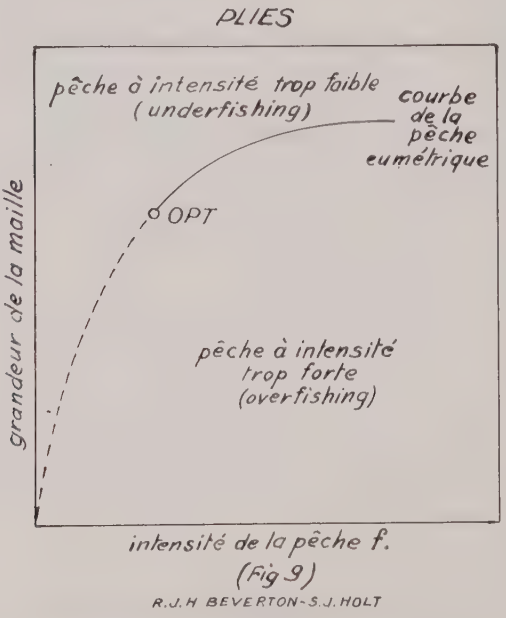
Sans changer l'intensité de la pêche, rien qu'en remplaçant la maille de 70 mm par une de 200 mm, on aurait plus que doublé la production annuelle de plies.

Signalons encore que sur la figure (8) la courbe AA' indique les valeurs de F qui maximisent $\frac{Yw}{R}$ pour chaque valeur particulière de t_ϱ'. L'intersection de AA' et de BB' correspond naturellement au maximum absolu de $\frac{Yw}{R}$

Pour une maille de 70 mm correspondant à un âge $t_{\varrho'} = 3{,}72$ — valeur d'avant guerre — il aurait fallu une valeur de F égale à 0,20 pour obtenir un maximum de captures ; si l'on désire conserver la maille de 70 mm, il faut donc diminuer l'intensité de la pêche pour abaisser F de 0,73 à la valeur 0,20.

On constate ainsi qu'avant-guerre, non seulement la maille employée était trop petite, mais la pêche pratiquée était trop intensive.

La figure (9) reproduit la courbe eumétrique de la figure (8). Mais



on a opéré une transformation de variables. L'abscisse F a été remplacée par f, l'intensité de la pêche ; l'ordonnée $t_{\varrho'}$ par la grandeur de la maille du cul du chalut.

Une combinaison de maille et d'intensité représentée par un point de la courbe correspond à une pêche eumétrique. Chaque point de cette courbe correspond à une nouvelle combinaison. Les points situés au-dessus de la courbe correspondent à une intensité de pêche trop faible, ceux qui sont situés en-dessous, à une intensité trop forte.

Parmi toutes les combinaisons eumétriques de $t_{\varrho'}$ et de F, il en est une, figurée par le point OPT, qui est *optimale*, c'est-à-dire qui assure un profit convenable au producteur et aux pêcheurs, et, au consommateur, une quantité aussi abondante et constante que possible de poissons à un prix raisonnable.

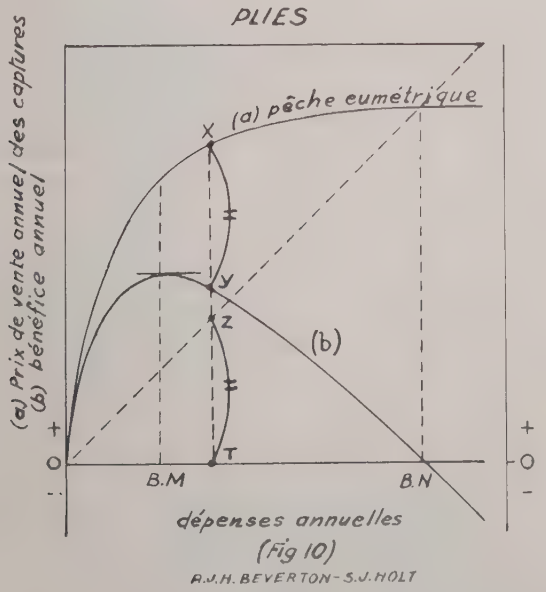
La pêche optimale ne correspond donc pas à un poids annuel maximum, mais à un équilibre souhaitable entre le profit réalisé par la vente des captures et les dépenses courantes. Une combinaison de maille et d'intensité de la pêche figurée par un point à droite du point OPT. (fig. 9) sur la courbe eumétrique, est défavorable parce qu'au delà du point OPT. la marge de profit annuel diminue, bien que le poids total des captures augmente.

La figure 10 précise la notion de profit maximum.

Les abscisses figurent les dépenses annuelles de la flotte. Les ordonnées le prix de vente annuel des captures. La courbe (a) est la courbe de pêche eumétrique. Tant qu'elle est au-dessus de la bissectrice, le profit est positif. La courbe (b) représente le bénéfice annuel réalisé. Elle s'obtient en soustrayant de l'ordonnée TX de la courbe (a) (= prix de vente), l'abscisse OT (dépenses annuelles). On a OT = ZT – XY.

Prix de vente XT — dépenses XY = YT (bénéfice)

Le bénéfice maximum réalisé correspond au point B.M. et le point B.N. au bénéfice nul.



En résumé, nous voyons qu'en mettant les courbes de pêche eumétrique en relation avec les facteurs économiques, il est possible de déterminer une combinaison de t_0' et de F optimale, c'est-à-dire qui assure un bénéfice maximum.

Par. 10 Pêche eumétrique lorsque plusieurs espèces sont capturées.

Jusqu'à présent, nous n'avons envisagé que les captures des plies. Dans la recherche d'une pêche eumétrique combinée, il faut naturellement faire intervenir les autres espèces capturées en même temps : aiglefin, morue, turbot, raie, sole, barbue, merlan.

Chaque espèce interviendra avec son importance relative : le pourcentage du poids total des captures qu'il représente et son prix de vente.

En tenant compte de tous ces facteurs, on a proposé en 1946, à la conférence sur l'Overfishing, de réduire l'intensité de la pêche à 85 % de sa valeur des années 1936-1938 et à remplacer la maille de 70 mm par une maille de 80 mm.

Conclusion

La réglementation de la pêche dépend de la qualité et de la nature des statistiques des pêcheries. L'augmentation du produit annuel se fait à deux conditions : donner le temps aux poissons de grandir et diminuer, s'il le faut, l'intensité de la pêche. L'augmentation de la population adulte entraînera une production plus grande d'œufs et finalement de recrues. Les auteurs Beverton et Holt estiment qu'avec une diminution de 15 % de l'intensité de la pêche et une augmentation de la maille passant de 70 mm à 80 mm, le profit annuel serait augmenté de 10 % (ce qui représente un bénéfice supplémentaire de 1.000.000 de livres sterling par an). Le bon sens montre que le coût des recherches relatives aux pêcheries ne représentera jamais qu'un faible pourcentage du profit que ces recherches permettent de réaliser.

Terminons par le souhait que l'on accorde à la réserve énorme de nourriture que constituent les poissons — et dont l'élevage ne coûte rien — le même intérêt et le même soin qu'au bétail.

Résumé.

Le but de cette communication est de montrer comment les mathématiques s'appliquent à un problème pratique particulièrement important : celui de la règlementation de la pêche au chalut en mer du Nord.

On a constaté en effet que cette pêche, avant la dernière guerre, était trop intensive et que l'on prenait des poissons trop jeunes, de sorte que l'ensemble des captures annuelles diminuait d'année en année. C'est ce que l'on appelle l'*overfishing*. Aussi recherche-t-on un mode de pêche optimale, c'est-à-dire une combinaison de maillage et d'intensité de pêche tels que le maximum de profit par heure de sortie soit assuré. De nombreux travaux ont traités ces problèmes. Les plus complets, croyons-nous, sont ceux de Beverton et Holt.

Voici comment ces auteurs abordent la question : à l'aide de modèles mathématiques assez simples, de type déterministe, ils établissent la relation entre le poids de poissons pris pendant un an dans une pêcherie stable et les deux paramètres sur lesquels l'homme peut agir directement, à savoir : la grandeur de la maille du cul du chalut et l'intensité de la pêche. A chaque intensité de pêche particulière correspond une grandeur de maille déterminée qui assure une capture maximale susceptible de se maintenir d'année en année.

Dynamics of the populations of fishes subject to capture

SUMMARY.

The aim of this paper is to show how mathematics may be applied to a practical problem which is particularly important : the regulation of trawl fishing in the North Sea.

It has indeed been observed that this method of fishing, before the war, was too intensive and that fishes too young were being fished, so that the entirety of the annual captures was diminishing from year to year. This is what is called « overfishing ». Therefore a method of optimal fishing is being searched for, i.e. a combination of mesh and fishing intensity such as to ensure a maximum profit per hour at sea. Numerous works have dealt with these problems. The most complete are, we believe, those of Beverton and Holt.

This is how these authors tackle the problem : using fairly simple mathematical models, they establish a relation between the weight of fishes caught during one year in a stable fishing-ground and the two parameters upon which man may act directly, i. e. : the size of the mesh of the bottom of the drag-net and the intensity of fishing. To every particular intensity of fishing corresponds a determined size of mesh which ensures a maximum capture susceptible to maintain itself from year to year.

Dynamik der dem Fange unterworfenen Fischbevölkerungen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Zweck dieser Mitteilung ist zu zeigen, wie die Mathematik auf eine besonders wichtige Fragestellung angewandt wird : die der Regelung des Fischfanges in der Nordsee.

Es ist in der Tat festgestellt worden, dass vor dem letzten Kriege dieser Fischfang zu intensiv war und dass zu junge Fische gefangen wurden, sodass die Gesamtheit der jährlichen Fänge von Jahr zu Jahr abnahm. Dies nennt man den « Overfishing ». So wird denn nach einer Art Optimalfangs gesucht, d.h. einer Maschenverbindung und Fangsintensität in der Weise, dass der Meistgewinn pro Stunde gesichert sei. Zahlreiche Arbeiten haben diese Probleme behandelt. Die vollständigsten sind die, glauben wir, von Beverton und Holt.

Wir zeigen nun wie diese Verfasser die Frage anschneiden : mit Hilfe von ziemlich leichten mathematischen Modellen stellen sie das Verhältnis zwischen dem Gewicht der im Laufe eines Jahres in einer ständigen Fischerei gefangenen Fische und den beiden Parametern worauf der Mensch direkt wirken kann, nämlich : die Grösse der Masche des Hinterteils des Netzes und die Intensität des Fischfanges. Jeder besonderen Intensität des Fanges entspricht eine bestimmte Maschengrösse, die einen Maximalfang sichert, welcher geeignet ist, sich von Jahr zu Jahr zu halten.

Étude des corrélations entre les différentes phases de la croissance et du dévoloppement du *Cyclamen persicum* Mill.

par G. Neuray

Assistant à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Nous allons tout d'abord décrire les phases de croissance et de développement utilisées et les variables qui les caractérisent (1). Ensuite nous analyserons les corrélations qui lient ces variables et nous verrons dans quelle mesure elles sont utilisables pratiquement.

Le cyclamen de Perse a une forte tendance à l'allogamie et les nombreuses recherches effectuées jusqu'à ce jour n'ont pas permis l'obtention de lignées pures par suite de la complexité de sa constitution génétique. Il a donc été nécessaire d'utiliser des graines provenant d'une population qui, quoique déjà sélectionnée, était encore peu homogène.

I. — Les variables

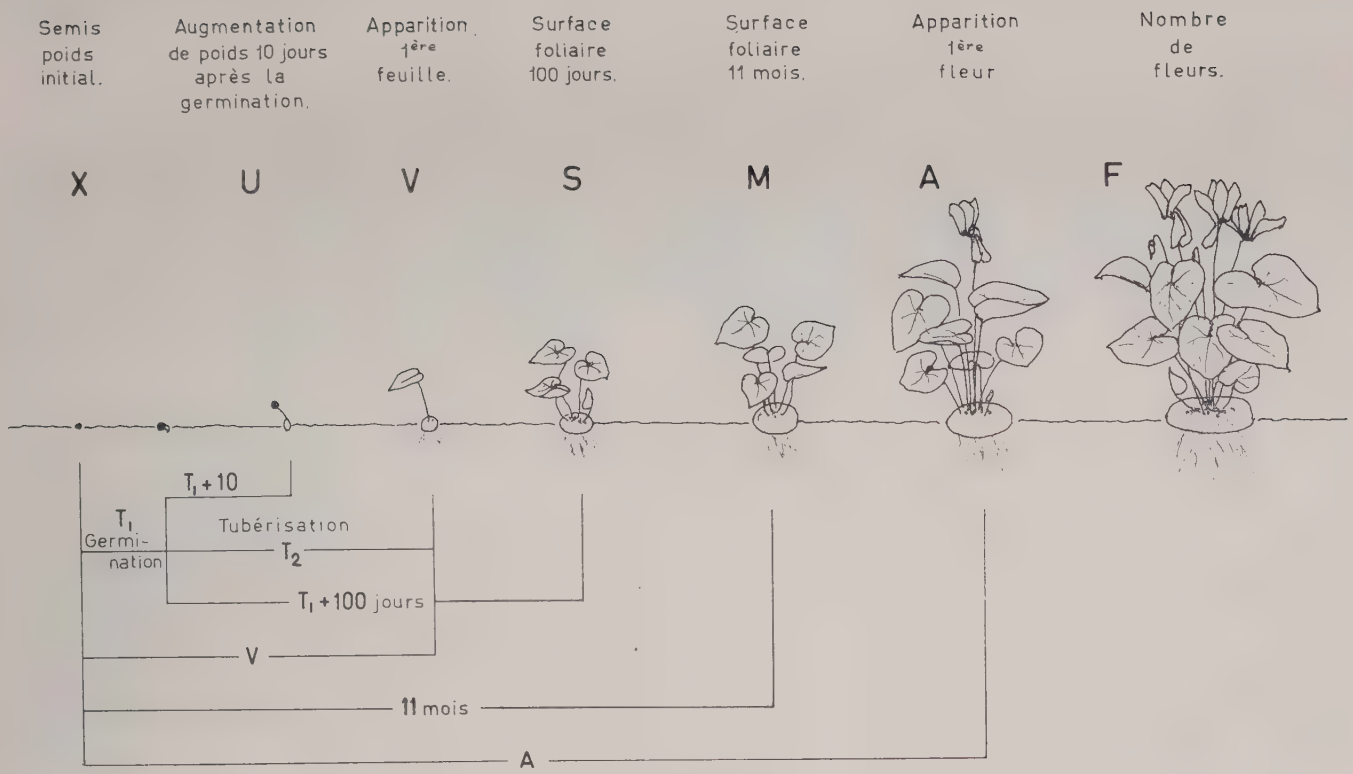
La graine est le point de départ et son poids, lors du semis, X, constitue la première variable.

La germination du cyclamen est assez particulière. En effet, dès que la radicule a percé les téguments, l'hypocotyle s'enfle pour former un tubercule et ce n'est qu'après le développement de celui-ci que le cotylédon apparaît.

Beaucoup d'auteurs attendent ce moment pour considérer la germination comme terminée. Il nous a paru préférable de scinder cette période, qui va du semis au déploiement de la feuille cotylédonaire et que nous appellerons phase germinative, en deux sous-périodes : la première, germination proprement dite, T_1, s'achève au moment où la radicule perce les téguments ; la seconde, tubérisation, T_2, se termine à l'apparition de la feuille cotylédonaire.

Pour mieux caractériser la phase germinative, nous avons encore ajouté à ces variables l'augmentation de poids de la graine, U, pendant

(1) La plante, pendant la croissance, augmente en taille sans modifications qualitatives profondes, tandis qu'au cours de son développement elle subit des modifications intimes qui ne se traduisent pas nécessairement par des changements morphologiques mais la font progresser vers le passage de l'état végétatif à l'état reproductif.



Variables étudiées

les 10 jours qui suivent la fin de la germination proprement dite, soit au début de la tubérisation.

Après l'apparition de la feuille cotylédonaire, la croissance se poursuit et l'on passe d'une phase purement végétative à une phase mixte, à la fois végétative et générative, sans aucun ralentissement de végétation.

Comme il est difficile de déterminer avec précision à quel moment commence la phase générative, nous avons jugé la plante pendant cette période sur sa croissance mesurée par la surface foliaire à deux moments choisis arbitrairement : le premier, 100 jours après la germination (surface foliaire = S), l'autre, onze mois après la mise en germination (surface foliaire = M) (1).

Nous avons terminé nos observations en notant le temps nécessaire depuis la germination jusqu'à l'épanouissement de la première fleur, A, et enfin le nombre de fleurs, F.

2. — Organisation des essais

Tous les deux mois ou tous les mois suivant le cas, nous avons semé 100 graines provenant de la même récolte et conservées dans des conditions invariables. Chaque lot de 100 graines constitue une série ; chaque graine est numérotée et la plante à laquelle elle donne naissance conserve son numéro.

Pour une même série, le semis a lieu le même jour sur papier filtre en boîtes de Pétri ; celles-ci sont ensuite placées à l'étuve à 20° ; chaque graine y reste jusqu'au moment de la dernière pesée qui a lieu, rappelons-le, 10 jours après la germination proprement dite.

Au fur et à mesure que les graines arrivent à ce stade (qui dépend de la germination et qui varie donc suivant les individus), elles sont transférées en serre et plantées en caissette dans un compost classique pour cyclamen.

A partir de ce moment, les plantes sont donc soumises aux variations écologiques saisonnières de la serre. Ceci est très important : en effet nous avons pu constater que les différences de croissance des jeunes plantes varient, de série à série, du simple au décuple suivant l'époque du semis.

C'est à travers ces différences considérables de croissance que les liaisons que nous allons passer en revue se sont manifestées.

(1) On peut s'étonner de la différence d'origine dans la mesure des temps. Elle est due à la constatation faite lors d'essais préliminaires d'une liaison apparente entre la durée de germination proprement dite et la croissance ultérieure. La suite des essais n'a pas confirmé cette hypothèse.

3. — Les corrélations

Les corrélations ont été calculées pour chaque série pour toutes les variables combinées deux à deux.

Si, de série en série, la corrélation entre les deux mêmes variables était toujours identique, la signification de chacun des coefficients de corrélation serait facilement déterminée. En réalité, d'une série à l'autre, on constate des variations importantes dans la valeur des coefficients de corrélation.

Pour distinguer les corrélations qui sont susceptibles de représenter une liaison réelle, nous avons employé deux tests qui peuvent être utilisés simultanément.

Le premier se base sur l'examen des signes. Si, dans toutes les séries, la liaison entre deux variables est toujours de même signe, on peut considérer que cette identité de signe n'est pas fortuite : pour 6 séries, la réalisation d'une telle répartition est due au hasard dans 1 cas sur 64 et, pour 10 séries, dans 1 cas sur 1.000.

La séconde méthode employée pour déterminer la signification du coefficient de corrélation consiste à calculer une corrélation moyenne au moyen de la transformation Z et de chercher ensuite, à l'aide d'un test χ^2, si les coefficients de corrélation initiaux ne diffèrent pas significativement entre eux.

La matrice de corrélation du tableau 1 a été établie au moyen des corrélations moyennes ; n'y figurent que les coefficients de même signe dans toutes les séries et ceux qui sont significatifs d'après le test χ^2.

Une analyse exhaustive de toutes les corrélations n'est pas possible ici. Nous allons simplement montrer par quelques exemples comment l'utilisation des corrélations partielles permet de préciser considérablement l'interprétation des résultats.

Considérons par exemple la corrélation (0,22 pour 170 plantes) existant entre la phase germinative (V) et l'apparition de la première fleur (A). On peut se demander si ces deux variables sont directement liées ou si une troisième ne joue pas un rôle d'intermédiaire. En effet, V et A sont tous deux reliés respectivement par —0,39 et —0,42 à la surface foliaire à 100 jours (S).

La corrélation partielle entre V et A calculée en neutralisant la surface foliaire à 100 jours (S) est insignifiante (+ 0,06) ; S sert donc bien de « relai ».

On peut en déduire que ce n'est pas parce que les plantes ont développé précocement leur feuille cotylédonaire (V) qu'elles mettent moins de temps pour arriver à la floraison, mais bien parce que, ayant germé (au sens large du mot) plus rapidement, elles ont, au bout d'un même laps de temps, une surface foliaire plus considérable.

Tableau 1

Corrélations entre les différentes phases de croissance et du développement du Cyclamen persicum

	X	T_1	U	T_2	V	S	M	A	F
X		+0,09*	—	—	—	—	—	+0,03*	—
T_1	+0,09*		—	—	—	—	—	+0,06*	—
U	—	—		—	—	—	—	—0,14*	+0,18*
T_2	—	—	—		—	—0,31°*	—0,21°*	+0,14*	—0,18°*
V	—	—	—	—		—	—0,23°*	+0,22°	—0,22°*
S	—	—	—	—0,31°*	—		—	—0,42°*	+0,24°*
M	—	—	—	—0,21°*	—0,23°*	—		—0,53°*	—
A	+0,03*	+0,06*	—0,14*	+0,14*	+0,22°	—0,42°*	—0,53°*		—
F	—	—	+0,18*	—0,18°*	—0,22°*	+0,24°*	—	—	

° Coefficients de corrélation de même signe dans toutes les séries.
* Coefficients de corrélation moyens significatifs d'après le test.
— Coefficients de corrélation non significatifs.

On peut aussi, grâce aux corrélations partielles, éliminer plusieurs variables.

Entre l'augmentation de poids de la graine (U) d'une part et le temps nécessaire à l'apparition de la première fleur (A) ou le nombre de fleurs (F) d'autre part, existent des corrélations faibles mais significatives, d'autant plus remarquables que les conditions de croissance et de floraison sont, rappelons-le, fort différentes de série à série. Il a fallu par exemple 365 jours en moyenne à la première série et 515 jours à la seconde pour fleurir.

Si, dans ces corrélations, on élimine à la fois l'influence de la durée de la phase germinative (V) et celle de la surface foliaire à 100 jours (S), les corrélations deviennent très faibles ou nulles (0,006 entre l'augmentation de poids de la graine et l'apparition de la première fleur et 0,09 entre cette même augmentation de poids et le nombre de fleurs).

Il n'y a donc pas de liaison directe entre l'augmentation de poids de la graine et la floraison.

On voit l'intérêt de l'analyse. Les corrélations partielles permettent de disséquer les liaisons et de distinguer celles qui, quoique significa-

tives, ne sont qu'apparentes. On peut aussi en tirer certaines indications physiologiques.

Ainsi, par exemple, du bref examen que nous venons de faire, on peut déduire que l'apparition de la première fleur dépend essentiellement de la croissance foliaire. C'est à première vue étrange puisque l'apparition des fleurs est l'aboutissement du processus de développement et que celui-ci est souvent relativement indépendant de la croissance. En réalité, cela indique simplement que, pour répondre au stimulus floral, la plante doit avoir atteint un volume déterminé, pouvant être jusqu'à un certain point mesuré par la surface foliaire, volume probablement lié à celle-ci. Plus vite grandissent les plantes, plus vite arrivent-elles au seuil de réceptivité.

4. — Prévision de l'avenir d'une plante

Les corrélations peuvent en outre servir à prédire l'avenir d'une plante. La surface foliaire à 100 jours (S) étant liée (0,39 pour 420 plantes) à la durée de la phase germinative (V), on dispose ainsi d'un critère de classement. Celui-ci peut encore être amélioré en utilisant simultanément l'augmentation de poids dix jours après la germination et la durée de la phase germinative, ainsi que le confirme la corrélation multiple de 0,44 que l'on obtient entre ces deux variables d'une part et la surface foliaire d'autre part.

Cette amélioration est probablement due au fait que ce n'est pas uniquement par l'intermédiaire de la phase germinative qu'est due la corrélation entre l'augmentation de poids de la graine après 10 jours et la surface foliaire à 100 jours ; la corrélation partielle de 0,142 qu'on obtient en neutralisant V le prouve à suffisance.

Que vaut le classement préalable des plantes obtenu en utilisant simultanément l'augmentation de poids de la graine et la durée de la phase germinative ?

Le tableau 2 répond à cette question. Dans celui-ci, la surface foliaire à 100 jours, en fonction de laquelle les plantes sont partagées en quatre catégories, est portée en abscisse ; en ordonnée, les plantes sont groupées d'après deux critères : augmentation de poids (U) et vitesse de germination (V).

On se rend immédiatement compte de l'efficacité du classement. Si, à la fin de la phase germinative, on élimine un quart des sujets les moins bien classés en fonction de U et de V, on ne perd que 2,35 % des plantes se rangeant dans le quart supérieur en fonction de la surface foliaire (S), alors que, dans une élimination au hasard, on en rejeterait 6,2 %.

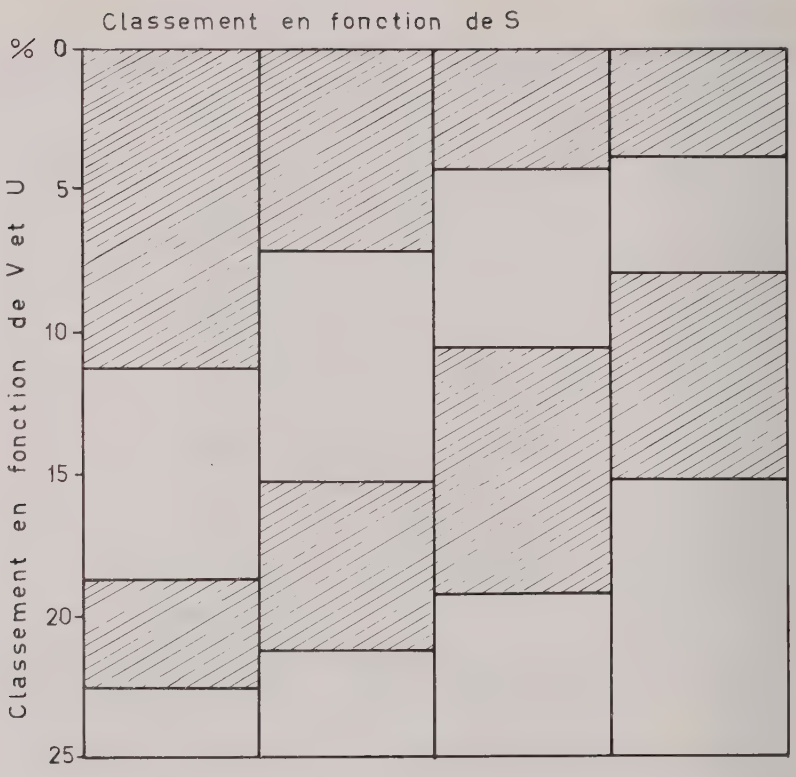


TABLEAU 2
Prévision de l'avenir d'un plante.

Ce résultat prend plus de signification quand on sait que, suivant les séries, les plantes conservées peuvent avoir en moyenne une surface foliaire deux à quatre fois supérieure à celle des plantes éliminées.

Conclusion

Nous pensons, par ces quelques exemples, avoir montré l'intérêt de la méthode statistique comme moyen d'investigation. Elle ne dispense pas du travail de recherches physiologiques mais, préalablement à celui-ci, elle déblaye le terrain et permet de choisir les points particulièrement intéressants à étudier. De plus, au point de vue pratique, une telle méthode rend possible, avec une probabilité très acceptable, le classement précoce des plantes. Dans le cas particulier du cyclamen, le travail de sélection peut s'en trouver grandement facilité.

Résumé.

De la graine à la fleur, le cyclamen se développe en passant par une série de phases. En plus de certaines de ces divisions physiologiques, on s'est servi dans la présente étude de périodes déterminées artificiellement.

Le but du travail est de montrer qu'il existe, entre quelques-unes de ces phases et de ces périodes, des rapports suffisamment constants pour qu'il soit possible de pronostiquer le comportement futur d'une plante.

Les coefficients de corrélation mesurent l'intensité de ces liaisons de caractère logique ou génétique. Le résultat de leur emploi pour prédire l'avenir d'un individu dès la fin de la germination, ou à tout autre moment de la croissance, est concluant.

Cette méthode présente un réel intérêt pour la sélection du Cyclamen et elle pourrait probablement convenir également à la sélection d'autres plantes.

Study of correlations between the different stages of the growth and development of Cyclamen persicum Mill.

Summary.

From seed to flower, the cyclamen develops through a number of stages. In addition to certain of these physiological divisions, artificially determined periods have been used in the present study.

The aim of the work is to show that connections exist between some of these stages and some of these periods, connections which are sufficiently constant to allow to forecast the future behaviour of a plant.

The correlation coefficients measure the intensity of these logical or genetical connections. The result of their use to predict the future of an individual as early as the end of the germination, or at any other moment of the growth, is concluding.

This method presents a real interest for the selection of the cyclamen and could probably also be suitable for selecting other plants.

Studium der Korrelationen zwischen den verschiedenen Phasen des Wachsens und der Entwicklung des Cyclamen persicum Mill.

Zusammenfassung.

Von Samenkorn bis zur Blume entwickelt sich das Alpenveilchen serienweise. Ausser gewissen physiologischen Abteilungen hat man für gegenwärtiges Studium bestimmte künstliche Perioden benutzt.

Zweck dieser Arbeit ist zu beweisen, dass es zwischen einigen dieser Phasen und dieser Perioden genügend ständige Beziehungen gibt, um es zu ermöglichen, das künftige Verhalten einer Pflanze vorherzusagen.

Die Korrelationskoeffizienten messen die Intensität der Verbindungen logischen oder genetischen Charakters. Das Ergebnis ihres Benutzens zur Vorhersage der Zukunft eines Individuums nach sofortigem Ende des Keimens oder in irgendeinem anderen Augenblick des Wachsens ist entscheidend.

Diese Methode stellt ein wahres Interesse für die Auswahl des Alpenveilchens dar, und sie könnte wahrscheinlich auch für die Auswahl anderer Pflanzen gelten.

L'emploi des méthodes statistiques en hydrologie

par G. Morlat
Ingénieur au Service des Études économiques de l'Électricité de France

Généralités

Il faut entendre par « hydrologie » cette branche de la physique du globe qui a pour objet l'étude de l'eau dans la nature. Cette eau peut se trouver dans l'atmosphère, à la surface du sol ou dans le sol : dans le premier cas, son étude constitue, en même temps qu'une partie de l'hydrologie, un chapitre important de la météorologie et de la climatologie. L'hydrologue s'intéressera surtout aux précipitations, à « l'eau qui tombe », suivant l'expression de M. Coutagne, parce qu'elle conditionne « l'eau qui coule ». A la surface du globe en effet, c'est surtout l'étude des cours d'eau qui ressortit à l'hydrologie, l'océanographie, la glaciologie, etc... constituant des domaines bien à part. Quant à l'eau souterraine, l'hydrologue auquel nous nous intéressons ici ne prendra en compte que les nappes, ou l'eau d'infiltration susceptible de ressortir à la surface pour alimenter les cours d'eau, ou pour nourrir la végétation. Les eaux d'origine profonde, minérales ou thermales, constituent le domaine propre d'une science toute différente, qui porte aussi le nom d'hydrologie. C'est une science bien différente de celle dont nous parlons, aussi bien par ses méthodes que par ses objectifs.

En bref, notre hydrologie à nous s'intéresse donc à l'eau qui tombe, à l'eau qui coule et à l'eau qui se cache. Pour être complet, il faudrait encore citer l'eau qui s'envole (par évaporation) achevant ainsi de décrire, compte tenu des sciences particulières déjà citées, le fameux cycle de l'eau dans la Nature.

Comme toutes les branches de la physique du globe et comme beaucoup de sciences sociales, l'hydrologie a ceci de particulier que l'expérience y joue un rôle mineur ; c'est une science contemplative, on dit plutôt : une science d'observation. Les connaissances sur lesquelles elle se fonde sont constituées pour l'essentiel par des séries d'observations portant sur des phénomènes mesurables, dont les plus importants sont les précipitations, les débits des cours d'eau et les niveaux de puits pour l'hydrologie souterraine. Ces observations sont légion et cependant nous déplorons souvent leur pauvreté. Rien d'étonnant, donc, à ce que les méthodes de l'hydrologie soient dominées par les

techniques de maniement des observations, à savoir les techniques statistiques. Mais il y a plus et bien plus important : tel phénomène, comme la pluie recueillie à Bruxelles au cours d'une année, ou le débit de la Seine à Paris, résulte d'un enchevêtrement de causes si complexe, qu'il y a peu d'espoir d'en faire un jour une prévision à long terme. Ce sont des phénomènes qui ressemblent bien davantage au tirage d'une boule numérotée dans un sac qu'à la trajectoire de cette même boule supposée lancée par un catapulte de force donnée. C'est dire que, dans la description des phénomènes hydrologiques, le calcul des probabilités fournira les modèles nécessaires et raisonnables.

Voilà pourquoi nous considérons, quant à nous, que l'expression d'« hydrologie statistique » constitue quasiment un pléonasme. C'est d'hydrologie tout court qu'il faudrait parler et, dans ce domaine, la statistique fournit l'unique méthode efficace. Cela ne signifie pas que, de temps en temps, une expérience, un raisonnement physique, ne puissent rendre d'éminents services. Dans certaines branches de la physique, le statisticien n'intervient que sporadiquement pour aider à l'interprétation de quelque expérience, à l'exploitation de quelque série de mesures entachées d'erreurs. En hydrologie, les rôles sont inversés, les modèles probabilistes et les méthodes statistiques dominent — ou devraient dominer — le travail de l'hydrologue : c'est la seule chance de donner à cette science la dignité quantitative.

*
* *

D'un point de vue pratique, qui s'intéresse assez à l'hydrologie pour promouvoir des recherches ? Le problème des ressources en eau prend une importance croissante et qui risque de devenir aiguë, dans beaucoup de régions, qu'il s'agisse de la satisfaction des besoins agricoles, industriels ou domestiques. Mais jusqu'ici, il faut chercher les travaux dans ce domaine auprès des météorologues (qui s'intéressent presque exclusivement à l'eau qui tombe) — des hydroélectriciens, dont la principale préoccupation demeure bien entendu l'eau qui coule et qu'ils exploitent — et des agronomes, que leur métier pousse peut-être davantage à prendre en considération l'ensemble du cycle de l'eau. Cependant, les problèmes les plus fondamentaux les intéressent tous, croyons-nous.

Ayant travaillé, durant de nombreuses années, pour l'industrie électrique, les exemples que je décrirai sommairement, pour illustrer mon propos, auront trait à des travaux variés, menés par divers services d'Électricité de France. Mais je pense que les méthodes et, dans certains cas, les résultats, peuvent intéresser quiconque aura maille à partir avec l'hydrologie.

On verra que les problèmes cités sont variés par la nature des phénomènes étudiés, mais aussi par l'échelle à laquelle on se place et par les objectifs que l'on poursuit. Ces distinctions pourraient fournir la base d'une classification des problèmes de l'hydrologie et on devra noter que les techniques utilisées dépendent grandement de la catégorie à laquelle appartient tel problème. Indiquons les grandes lignes d'une telle classification : un problème sera caractérisé par la nature des phénomènes en cause, l'échelle d'espace et de temps, l'objectif poursuivi.

De la nature des phénomènes en cause, nous avons déjà parlé : il s'agira de l'eau qui tombe, de l'eau qui coule, ou des eaux souterraines.

L'échelle spatiale est importante : on s'intéressera à un phénomène localisé en un point, ou à l'ensemble des phénomènes observés sur une région plus ou moins vaste : ni les données nécessaires, ni les méthodes de travail, ne seront les mêmes dans les deux cas.

Puis l'échelle de temps importe également : l'étude de la pluie journalière, voire horaire, sur une ville (en vue du dimensionnement d'un réseau d'égoûts par exemple) et l'étude de la pluie annuelle, constituent des problèmes bien différents.

Attardons-nous un peu plus sur l'objectif poursuivi.

Sir Ronald A. Fisher a distingué dans la statistique trois phases, qui peuvent constituer autant d'objectifs distincts : décrire, analyser ou expliquer, prévoir. Ce tryptique s'applique bien aux problèmes de l'hydrologie, mais il nous faut ajouter un quatrième volet, pour recouvrir convenablement tout le champ de nos préoccupations et nous distinguerons les travaux hydrologiques selon que l'objectif est de décrire, d'expliquer, de prévoir ou de modifier. Dans ce dernier cas, le rôle du statisticien — ou de l'hydrologue, vous savez maintenant que pour moi c'est tout un — peut être d'évaluer, sous forme de modifications aux lois de probabilité, les conséquences d'une action humaine, par exemple : répercussions de la dérivation d'un cours d'eau sur une nappe phréatique, ou bien efficacité de certains procédés pour l'accroissement des précipitations. Il va de soi que les termes de notre catalogue d'objectifs ne sont pas exclusifs : avant d'expliquer, il convient de décrire et, pour prévoir, il est avantageux d'avoir déjà décrit et expliqué au mieux, etc...

Après ces considérations générales, je décrirai, sommairement, quelques problèmes qu'il sera facile de situer dans la classification qui vient d'être proposée. Mon objectif est de souligner la variété des modèles probabilistes et des méthodes d'analyse, bien plus que de rendre compte des études effectuées sur chacun des sujets cités. Sur ce point, on se reportera à la bibliographie qui sera donnée à propos de chaque exemple.

*
* *

La description et l'analyse des précipitations

L'étude des lois de fréquence des précipitations intéresse de nombreuses applications, mais on trouve dans ce domaine bien peu d'études complètes, car il faut faire appel à des modèles probabilistes assez complexes, au moins si l'on s'intéresse aux averses, pluies journalières ou horaires.

Le problème est beaucoup plus simple si l'on vise seulement la quantité globale de pluie reçue annuellement en un point donné. On sait, par exemple, que pour représenter la pluie annuelle à Paris, une loi de Laplace-Gauss, de moyenne voisine de 600 millimètres et d'écart-type 100 millimètres, fournit une image très satisfaisante : les quantités reçues au cours des années successives doivent être regardées comme des variables aléatoires indépendantes. Le problème des variations à long terme, ou des périodicités, de la pluviosité, reste ouvert : du point de vue statistique, l'existence d'aucune périodicité n'a été jusqu'ici solidement établie : s'il en existe, l'amplitude correspondante est certainement très faible et l'on peut dire que, sous nos climats, on ne court pas grand risque, pour les échéances habituelles quelques dizaines d'années , à considérer le phénomène comme parfaitement stationnaire.

Si l'on s'intéresse aux pluies mensuelles, il faut représenter leur distribution par des courbes de fréquence dissymétriques, on devra choisir une famille de lois, généralement à deux paramètres, dont on connaisse les propriétés statistiques et numériques : loi gausso-logarithmique, ou loi du type 3 de PEARSON, harmonique, etc... et s'assurer de la bonne adéquation aux séries d'observations disponibles. Les paramètres auront en général une variation saisonnière évidente. Ajoutons que les liaisons temporelles restent très faibles et peuvent assez souvent être négligées.

Ces mêmes liaisons temporelles deviennent au contraire prépondérantes lorsqu'on étudie la pluie à une échelle de temps plus fine de l'ordre du jour par exemple . Sous nos climats, il pleut à peu près un jour sur deux, mais la succession des jours de pluie n'est pas du tout assimilable à une série de tirages à pile ou face. Ce n'est même pas une chaîne simple et la probabilité qu'il pleuve demain ne dépend pas seulement du temps d'aujourd'hui.

En fait, si d'assez nombreux travaux ont été faits, dans divers pays, sur les lois de fréquence marginales des pluies horaires, journalières, etc... nous ne connaissons guère de résultats satisfaisants concernant ces liaisons temporelles. Cela s'explique peut-être par le fait que leur étude trouverait son application la plus immédiate pour la prévision à

court terme et que, dans ce domaine, les prévisionnistes disposent d'autres méthodes, dont l'efficacité est certaine. Cependant, pour beaucoup d'usages moins immédiats, une représentation probabiliste satisfaisante des pluies journalières serait d'un très haut intérêt. Nous pensons que, dans ce domaine, la description ne doit pas être séparée de l'explication et les séries pluviométriques doivent être analysées en même temps que les situations météorologiques (types de temps). C'est à la fois une assurance de simplicité et de plus grande efficacité des lois probabilistes qui sortiront de telles études.

Bibliographie.

A. Sanson-Carette. Analyse statistique des séries d'observations pluviométriques. *La Météorologie*, juillet 1953.

J. Sanson. Les précipitations de la période 1942-1953 en France. *La Météorologie*, octobre-décembre 1954.

A. Billiet. Existe-t-il une périodicité de 80 ans dans la pluviosité ? *La Météorologie*, décembre 1955).

Les indices d'hydraulicité

La représentation par un indice global de la pluviosité sur une région — combinaison des observations recueillies par un certain nombre de pluviomètres — ou de l'hydraulicité d'un ensemble de cours d'eau — combinaison des débits mesurés en un certain nombre de stations de jaugeage — constitue un moyen simple et commode de décrire schématiquement un phénomène complexe. Comme dans d'autres domaines — les indices économiques généraux par exemple — on constitue habituellement des indices d'hydraulicité en vue de cette simple représentation globale, sans s'être assigné par avance l'usage précis qui en sera fait. Dans ce cas, le rôle du statisticien est d'abord de décrire ces indices, à l'aide des lois de probabilité.

La série des indices d'hydraulicité mensuelle française — indices constitués pour représenter l'énergie productible mensuellement par l'ensemble de nos usines hydroélectriques — a ainsi été établie pour la période 1919-1959. Il peut être avantageux de remplacer cette série de valeurs observées des indices - relativement encombrante — par les lois de probabilité des indices mensuels (bien représentées par des lois logarithmo-normales, par exemple) auxquelles on joindra divers coefficients d'autocorrélation. Le premier coefficient d'autocorrélation ne suffit pas à décrire correctement l'enchaînement des hydraulicités, car les reports nivaux, qui jouent un rôle important dans les bassins des Alpes et des Pyrénées, introduisent des liaisons entre débits d'hiver et de printemps. N'importe, des paramètres judicieusement choisis

permettent, au prix d'une complexité qui dépend de la finesse et de la précision souhaitée, une représentation maniable de ces lois de probabilité. Celles-ci pourront ensuite entrer sous forme analytique, ou donner lieu à des échantillons fictifs, pour la réalisation de calculs d'ordre économique : consigne de gestion des réservoirs, valeur économique des usines, etc...

Pour ces indices globaux d'hydraulicité, il n'y a guère d'hésitation sur la structure qu'il convient de leur donner : c'est à 1919 que remontent les observations sur bon nombre de stations hydrométriques en France (une cinquantaine de stations de qualité acceptable) ; le choix de la période de base et des séries statistiques utilisées est donc imposé par les circonstances.

Par contre, pour des indices de pluviosité, on est souvent en présence d'un ensemble de séries statistiques d'origines très variées. Il faut choisir entre l'extension dans le temps et l'extension géographique des données utilisées. Un nombre trop restreint de pluviomètres, comme une durée trop courte des observations, seront la source d'erreurs d'échantillonnage de natures distinctes, que nous pouvons appeler respectivement spatiales et temporelles. Réduire les unes et réduire les autres constituent deux préoccupations antagonistes, entre lesquelles il convient d'établir le meilleur compromis.

Si l'objectif est bien défini — et consiste par exemple dans la prédiction du débit d'un cours d'eau sur lequel on possède une série d'observations — alors le meilleur compromis prendra un sens très rigoureux : il s'agit de minimiser la dispersion de la prédiction, qu'on mesurera par exemple par son écart quadratique moyen. Dans un modèle simple où la précipitation recueillie en un pluviomètre quelconque présente la même corrélation avec le débit visé et où de même le coefficient de corrélation entre deux pluviomètres quelconques est constant, la variance de notre prédiction s'exprime par :

$$\mu^2 = \frac{(n+1)(n-2)}{n(n-3)} \left[1 - \frac{N\varrho^2}{1+(N-1)\varrho'} \right] \sigma^2$$

formule dans laquelle :

σ^2 est la variance marginale du débit que l'on veut prévoir.
ϱ est le coefficient de corrélation entre le débit et la pluie recueillie en un pluviomètre quelconque.
ϱ' est le coefficient de corrélation entre deux pluviomètres.
N est le nombre de pluviomètres utilisés.
n est le nombre d'années d'observation.

Les valeurs de N et n, qui rendent minimum l'erreur ainsi établie sur la prévision, peuvent être déterminées d'une façon relativement simple, au prix des hypothèses simplificatives que nous avons sommairement

décrites. Ce procédé a été utilisé pour déterminer un indice pluviométrique du bassin de la Haute-Durance, indice utilisé pour diverses études relatives à l'aménagement hydroélectrique de ce bassin.

Bibliographie.

Etienne Halphen. Un exemple d'application des méthodes statistiques. Le Plan d'équipement électrique. *Annuaire Hydrologique de la France*, 1945.

G. Morlat et A. Billiet. Quelques considérations statistiques permettant d'éclairer le choix d'une période normale. *Journées de l'Hydraulique d'Alger* 1954, publié par la Société Hydrotechnique de France.

Les lois de probabilité des débits mensuels

Pour représenter convenablement des séries de débits mensuels (ou de pluies mensuelles) il serait très agréable de disposer de lois de probabilité douées de bonnes justifications théoriques, traduisant le mécanisme de formation de ces phénomènes physiques. Les débits (ou les pluies) observés au cours d'un mois résultent bien sûr de l'intégration d'un grand nombre d'éléments, répartis dans le temps et dans l'espace, mais ces éléments ne sont ni assez homogènes, ni assez indépendants pour donner naissance à des distributions « normales » ; il faut en général pour cela aller jusqu'à l'intégration annuelle.

A défaut d'un modèle traduisant les structures hydrologiques, force est bien d'utiliser des familles de lois de probabilité dont les justifications ne sont qu'empiriques. On utilise traditionnellement les lois de Galton (ou logarithmo-normale) et de Pearson du type 3 (ou loi Gamma).

Mais une étude extensive de l'ajustement de ces lois aux débits mensuels des rivières françaises a mis en évidence des insuffisances telles qu'Etienne Halphen* a été conduit à inventer de nouvelles lois de probabilité, dont nous voulons donner ici une présentation très sommaire. Ces lois forment, comme les divers types de lois de Pearson, une classe complète à trois paramètres, mais elles décrivent toutes des variables positives et se réduisent à deux formes analytiques simples : les lois du Type A ont pour densité :

$$f(u) = \frac{1}{2\mu^{\gamma} K_{\gamma}(a)} \exp\left\{-\frac{a}{2}\left(\frac{u}{\mu} + \frac{\mu}{u}\right)\right\} \cdot u^{\gamma-1}$$

et les lois du Type B ont pour densité :

$$f(u) = \frac{1}{\nu 2^{\alpha} \mathrm{ef}_{\alpha}(b)} \exp\left\{-\left(\frac{u}{\nu}\right)^2 + b\frac{u}{\nu}\right\} \cdot u^{2\alpha-1}$$

(*) 1911-1954. Etienne Halphen fut à l'origine des travaux statistiques développés dans le cadre d'Electricité de France.

Dans ces formules, K_γ (a) désigne la fonction de BESSEL-HANKEL, bien connue, et ef_α (b) désigne, avec une notation due à HALPHEN, la fonction de HERMITE-HALPHEN, ou fonction factorielle de HALPHEN. Pour avoir une classe complète il faut y adjoindre les lois obtenues à partir du type B par une transformation de la forme $v = \frac{1}{u}$.

Pour les principales propriétés de ces lois et leur mode d'emploi, nous ne pouvons que renvoyer aux mémoires qui y ont été consacrés.

BIBLIOGRAPHIE.

L. LE CAM et G. MORLAT. Les lois des débits des rivières françaises. *La Houille Blanche*, Numéro spécial B. 1949.

G. MORLAT. Les lois de probabilité de HALPHEN. *Revue de Statistique Appliquée*, 1955.

Les prévisions d'apports aux réservoirs hydroélectriques

Parmi les travaux assez divers poursuivis, en matière hydrologique et statistique, par les Services d'Electricité de France, l'un de ceux qui peuvent apparaître comme les plus immédiatement efficaces et rentables, concerne les prévisions, à moyenne échéance, des apports aux réservoirs hydroélectriques. L'établissement de ces prévisions a nécessité, de la part de l'équipe qui s'en est chargée, un énorme travail de mise à jour, de dépouillement et de critique d'observations pluviométriques et hydrométriques. Puis, pour une trentaine de bassins versants, on a étudié la régression et la dispersion conditionnelle des débits de printemps et d'été, en fonction des précipitations antérieures, ces dernières étant évaluées à l'aide de combinaisons judicieusement choisies et pondérées de plusieurs pluviomètres.

On comprend que, pour des bassins de Haute Montagne, où le rôle de la fusion nivale est prépondérant dans la formation des débits printaniers et estivaux, les lois conditionnelles, lorsque le montant des précipitations hivernales est connu, peuvent être assez différentes et sensiblement moins dispersées que les lois marginales des mêmes apports. C'est encore vrai en toute saison, mais à un degré moindre, pour des bassins à régime pluvial, la régression traduisant alors le rôle de l'accumulation dans les réserves souterraines. Le cas de bassins où le ruissellement est prépondérant est assez différent et ces bassins ne peuvent faire l'objet que de prévisions à beaucoup plus courte échéance.

Pour nous borner aux prévisions à moyenne échéance, portant sur des bassins versants d'altitude haute et moyenne qui alimentent les réservoirs saisonniers, elles concernent pratiquement tous les réservoirs alpins et pyrénéens et deux réservoirs importants du Massif Central : celui de la Dordogne à BORT et celui de La Truyère à SARRANS. Après dix

années de fontionnement de ces méthodes de prévision, le service responsable à pu faire le point et montrer que l'ensemble des 678 prévisions émises au cours de cette période, a donné lieu à des écarts (entre les valeurs prévues et les valeurs effectivement observées) dont la distribution confirme de façon très satisfaisante les hypothèses statistiques admises pour l'établissement des formules de régression. Cette épreuve positive devrait pouvoir autoriser, dans l'avenir, une confiance accrue pour l'emploi de ces prévisions dans la gestion des réservoirs saisonniers, problème qui comporte d'ailleurs bien d'autres sources de complexités.

Bibliographie.

F. Lugiez et P. Guillot. Dix années de prévisions d'apports à Electricité de France. Assemblée Générale de l'U. G. G. I. Helsinki. 1960.

S. Ferry. Sur les méthodes d'estimation de l'enneigement et leur utilisation à la prévision des apports de la période de fusion. Société Hydrotechnique de France. 1949.

F. Lugiez. Un cas particulier de prévisions d'apports : l'Isère à Tignes. *Troisièmes Journées de l'Hydraulique. La Houille Blanche*, 1954.

La valeur économique des prévisions à longue échéance

Personne ne peut mettre en doute l'intérêt économique considérable que pourrait présenter un système efficace de prévision du temps à longue échéance. Depuis les almanachs populaires jusqu'aux Sociétés et Instituts de Prévision, ceux qui s'essaient à cette tâche trouvent sans aucune peine lecteurs et clients. Que valent actuellement de telles prévisions ? Si rien ne nous permet, jusqu'ici, quant aux méthodes utilisées, de les considérer comme sérieuses, nous devons examiner objectivement le problème de la valeur de ces prévisions, mais le mot de « valeur » est ici plein d'ambiguïté. Pour le préciser, considérons une schématisation extrême du phénomène envisagé et de la prévision qu'on désire en faire.

Le phénomène étudié est une grandeur aléatoire X (pluie, température, débit ou tout autre...), et la prévision peut être également considérée comme une grandeur aléatoire Y, qui est (peut-être) liée avec X. Supposons — les mœurs habituelles des prévisionnistes ne démentent point cette hypothèse — que la loi de distribution marginale de Y soit identique à celle de X.

Une idée qui satisfait de prime abord l'intuition est la suivante : si la prévision Y est réellement liée à X par une corrélation positive (supposant qu'il s'agisse de distributions normales) alors on a intérêt à prendre cette prévision en compte, si faible soit la corrélation, pourvu qu'elle ne soit pas nulle.

Cette idée n'est pas correcte, de sorte qu'une prévision qui possède une réelle valeur statistique peut être dépourvue de valeur économique. En effet, si l'on suppose qu'une décision doit être prise, en faisant comme si la valeur du phénomène en cause devait être z, et si l'on suppose en outre que la perte encourue est proportionnelle au carré de l'erreur, soit $k\ (z-x)^2$, nous pouvons calculer les valeurs moyennes de cette perte, selon qu'on table sur la prévision Y, ou sur la moyenne m de X.

On trouve dans le premier cas que la perte moyenne est égale à $2k\ (1-\varrho)\ \sigma^2$, en désignant par σ^2 la variance de X et par ϱ le coefficient de corrélation entre X et Y ; dans le second cas, bien entendu, la perte moyenne vaut $k\sigma^2$. C'est donc seulement si $\varrho > \frac{1}{2}$ qu'il est économiquement intéressant d'utiliser la prévision Y.

Naturellement, on peut faire mieux, si ϱ est précisément connu, c'est d'utiliser la régression de X en Y, c'est-à-dire d'asseoir la décision non plus sur Y, ni sur m, mais sur $Z = m + \varrho\ (Y-m)$. La perte encourue est alors égale à $k\ \sigma^2\ (1-\varrho^2)$.

Mais cette dernière façon d'agir représente assez mal le comportement réel du client éventuel du prévisionniste. On constate en fait que le client doué de quelque confiance prend la prévision pour argent comptant et « fait comme si » elle devait se réaliser exactement. Il se refuse d'autant plus à atténuer cette prévision qu'il ne connait pas ϱ et que les choses n'obéissent pas à des lois aussi simples que celles que décrit notre schéma. Ce dernier montre cependant qu'une prévision doit être assez efficace, faute de quoi, même si elle possède une valeur objective, son emploi entraînera une perte plutôt qu'un gain.

Les essais de pluie artificielle

On a dit parfois qu'il serait peut-être plus facile de modifier le temps que de le prévoir. Ce n'est pas là une boutade. Il est réellement plus facile de tricher au jeu que de prévoir les résulats de la roulette. On sait que depuis un certain nombre d'années, les hommes essaient de tricher du côté de la pluie. Ce sont les expériences dites de pluie artificielle, ou de pluie provoquée ou encore de pluie stimulée.

Rappelons, en nous bornant à l'un des procédés les plus courants et les plus économiques, qu'on envoie dans les nuages des fumées d'iodure d'argent, et que les particules de ce sel constituent, dans des circonstances physiques convenables, des noyaux de condensation susceptibles de provoquer ou d'accroître la précipitation de l'eau contenue, à l'état de vapeur en sursaturation, dans l'atmosphère.

« Dans des circonstances convenables », avons-nous dit, et l'on sait bien, par observation directe, que lorsque ces circonstances sont réa-

lisées, soit en laboratoire, soit même dans la nature, les inséminations à l'iodure d'argent provoquent réellement des précipitations. Ce qu'on sait moins bien, c'est la fréquence et l'importance de tels phénomènes lorsqu'on procède, dans un bassin hydrologique donné, et à partir du sol, à des émissions systématiques, chaque fois que les renseignements météorologiques font penser qu'il y a quelque chance de provoquer ou d'accroître les précipitations. De telles opérations systématiques accroissent-elles de manière sensible la quantité de pluie reçue au cours d'une année sur le bassin qui constitue la cible ? C'est seulement en comparant, après coup, la pluie reçue sur cette cible, avec celle qu'a reçue un bassin-témoin non ensemencé, qu'on peut espérer répondre à une telle question. Encore faut-il pouvoir comparer la distribution des deux variables « pluie sur le témoin » et « pluie sur la cible » au cours de la période d'expérience, avec la distribution des mêmes variables au cours d'une période de référence, où la pluie était exclusivement naturelle. En termes de métier (c'est-à-dire de statisticien) nous avons donc à faire un test d'homogénéité sur des distributions à deux variables. Il est assez intuitif — et le calcul confirme — que les conditions pour un tel test sont d'autant meilleures que les précipitations sur la cible et sur le témoin sont plus intensément liées : cela fournit d'ailleurs le critère de choix du bassin témoin. Encore faut-il disposer, sur chacun des deux bassins, de séries de relevés pluviométriques suffisamment précises, étendues dans le temps et représentatives.

Si toutes ces conditions sont vérifiées, on peut appliquer, aux résultats d'expériences systématiques, un test maintenant classique, qui prend en compte la distribution conditionnelle de la pluie recueillie sur la cible, pour une valeur donnée de la pluie sur le témoin. Ce test est optimal lorsque la distribution étudiée est une loi de LaplaceGauss, et lorsque l'effet de l'iodure d'argent se traduit par une augmentation constante de la pluie sur la cible.

En fait, l'hypothèse d'une distribution de Laplace-Gauss n'est convenablement vérifiée que pour les précipitations intégrées sur une période assez longue (année ou à la rigueur saison). Le test risque d'être beaucoup plus puissant si on l'applique à des précipitations journalières, ou mieux par périodes pluvieuses, à condition de pouvoir encore trier de telles périodes pluvieuses par types de temps homogènes. Mais des distributions statistiques convenables sont alors beaucoup plus difficiles à formuler.

Pour nous borner aux expériences menées en France et aux méthodes de tests les plus classiques, signalons que, dans le cas des essais menés durant 6 années sur le bassin de La Truyère, les résultats acquis à ce jour conduisent à un niveau de probabilité de l'ordre de 8 % ; c'est la probabilité que l'excès des précipitations recueillies sur la cible, sur la

valeur probable conditionnelle, compte tenu des précipitations sur le témoin, dépasse la valeur effectivement constatée au cours de ces 6 années.

Il est remarquable que des résultats du même ordre se retrouvent dans le cas d'assez nombreuses expériences étrangères et nous avons constaté encore cela pour les expériences menées par les américains en Californie à Santa Barbara, dans des conditions très strictes.

La pratique courante du statisticien le pousse à regarder de tels résultats comme constituant une présomption encourageante et non point encore une preuve formelle.

Pour l'interprétation, ajoutons encore que, selon les essais menés en France, l'augmentation moyenne des précipitations globales annuelles, si elle est réelle, se chiffrerait aux environs de 5 % des précipitations naturelles avec les techniques actuellement employées. Un tel résultat serait déjà très rentable pour les hydroélectriciens dans la plupart des bassins de Haute Montagne.

Nos connaissances sont beaucoup plus sommaires en ce qui concerne la possibilité d'accroître les précipitations en plaine ; il serait éminemment utile aussi, du point de vue agricole, de pouvoir déterminer avec quelque sûreté quelles sont les situations météorologiques favorables à ces opérations.

Beaucoup de progrès restent donc à faire et nous pensons que les agronomes doivent être particulièrement intéressés à ces problèmes étudiés dans de nombreux pays.

Conclusion

Les quelques exemples dont j'ai parlé de façon sommaire — beaucoup trop sommaire sans doute — auront montré, je l'espère, combien peut être fécond le mariage de la statistique et de l'hydrologie. On a pu se rendre compte — ou seulement soupçonner peut-être - que dans ce domaine tous les chapitres de la statistique interviennent. Et dans de nombreux problèmes, il ne s'agit pas d'une simple application de la théorie statistique, application qui serait en quelque sorte extérieure à cette théorie elle-même. Il s'agit de bien davantage : la statistique dûment adaptée, et sur certains points repensée, constitue la théorie même de l'hydrologie. Naturellement, les travaux dont il a été question ne constituent que des éléments, incomplets et bien imparfaits, d'une telle théorie. Mais ils suffisent sans doute à justifier le mot d'Étienne Halphen, concluant un de ses derniers mémoires : « Au lieu de parler de statistique appliquée à l'hydrologie, mieux vaut comprendre ce qu'est l'hydrologie statistique ».

On peut ajouter encore ceci : entre les domaines d'action les plus classiques du statisticien — erreurs de mesure, contrôle de qualité, etc...

qui sont en général trop simples, et les applications socio-économiques, où l'absence quasi complète de possibilité d'expérimentation et de données méritant vraiment le nom de « séries statistiques » créent parfois d'excessives difficultés et des discussions sans issue, l'hydrologie, la météorologie et sans doute aussi quelques autres branches de la physique du globe, semblent jouir de vertus particulières pour la formation et la réflexion des chercheurs : ces vertus tiennent à la fois à l'existence d'observations assez nombreuses et assez stables pour permettre en confiance l'emploi des modèles probabilistes qu'on y ajuste, et à ceci, que ces observations ne sont cependant ni assez nombreuses, ni assez sûres pour autoriser le statisticien à oublier les notions les plus essentielles telles que : fluctuations d'échantillonnage, adéquation relative des modèles, etc...

Ces vertus formatrices de l'hydrologie statistique accroîtraient encore, s'il en était besoin, l'intérêt que doivent susciter ses problèmes.

Résumé.

Le temps n'est plus à la plaidoirie pour l'emploi de la statistique dans les sciences géophysiques et particulièrement dans l'étude des pluies et des débits des cours d'eau : tout le monde admettra, croyons-nous, que la représentation de ces phénomènes par des modèles aléatoires peut seule en donner une image acceptable.

Il faut avoir recours aux méthodes statistiques pour :

- résumer et décrire correctement des observations, inutilisables à l'état brut ; évaluer la « précision » des mesures, dans des sens variés ;
- choisir les modèles probabilistes les plus convenables ; les « ajuster » aux données expérimentales ;
  tirer de ces modèles l'information qu'ils nous apportent ; les utiliser pour prévoir, ou pour choisir une expérience, voire une décision économique.

C'est la fameuse trilogie « Description, analyse, prédiction » de R. A. Fisher. Les outils sont fournis, à chacun de ces 3 stades, respectivement, par :

- la statistique descriptive,
- le calcul des probabilités,
- la statistique mathématique.

Pour illustrer ces considérations générales, pour montrer la puissance et, bien entendu, les limites de la statistique, on présentera et on commentera un certain nombre de problèmes d'« hydrométéorologie statistique » tels que :

- les lois des débits,
- les indices d'hydraulicité ou de pluviosité,
- les variations climatiques,
- la prévision du temps,
- les crues et les étiages,
- les essais de pluie artificielle, etc...

La plupart de ces exemples montrent que des progrès scientifiques sérieux ne peuvent être attendus que d'une symbiose étroite entre le statisticien et l'hydrologue et c'est encore vrai, naturellement, dans bien d'autres domaines.

The use of statistical methods in hydrology

SUMMARY.

It is not necessary anymore to plead in favor of the use of statistics in geophysics and particularly in the study of rainfalls and of stream flows : everyone will admit, we think, that only the representation of those phenomena by random models can give a reasonable picture of them.

One must appeal to statistical methods to :

— summarize and describe correctly observations, impossible to use without transformation ; evaluate the precision of measures, in various senses ;
— choose the most suitable probabilistic models ; adjust them to the experimental data ;
— draw from these models the information they bring us ; use them to predict or to choose an experiment, even an economic decision.

This is R. A. Fisher's famous trilogy : « Description, analysis, prediction ». The tools are furnished, at each of these three stages, respectively by :

— descriptive statistics,
— theory of probability,
— mathematical statistics.

To illustrate these general ideas, to show the power and, of course, the limits of statistics, a certain number of problems of « statistical hydrometeorology » will be presented and commented, such as :

— the laws of flows,
— the indexes of hydraulicity of rainfall,
— the climatic variations,
— the weather forecast,
— the floods and low-waters,
— the trials of artificial rainfall, etc.

Most of these examples show that serious scientific progresses may only be expected from a tight « symbiosis » between the statistician and the hydrologist, and this is true, of course, in many other fields.

Die Anwendung der statistischen Methoden in der Hydrologie

ZUSAMMENFASSUNG.

Wir sind nicht mehr im Zeitalter einer Prozessführung für den Gebrauch der Statistik in der geophysischen Wissenschaft und besonders im Studium der Regenfälle und des Wasserstandes : ein jeder wird zugeben, so glauben wir, dass lediglich die Darstellung dieser Erscheinungen durch stochastische Modelle ein annehmbares Bild wiedergeben kann.

Zuflucht zu den statistischen Methoden muss genommen werden, um :

— Beobachtungen, die roh unbenutzbar sind, kurz zusammenzufassen und genau zu beschreiben ; die « Präzision » der Masse in verschiedenem Sinne zu schätzen ;
— die passenden Wahrscheinlichkeitsmodelle zu wählen ; sie den experimentellen Gegebenheiten « anzupassen » ;
— aus diesen Modellen die Information zu ziehen, die sie uns bringen ;

sie zu verwenden, um einen Versuch, ja sogar eine wirtschaftliche Entscheidung, vorauszusehen oder zu wählen.

Das ist die berühmte Trilogie « Beschreibung, Analyse, Voraussagung » von R. A. Fisher. Das Werkzeug für jeden dieser drei Abschnitte wird respektiv geliefert durch :

— die beschreibende Statistik ;
— das Wahrscheinlichkeitsrechnen ;
— die mathematische Statistik.

Um diese allgemeinen Betrachtungen zu erläutern, um die Macht, und, wohlverstanden, die Grenzen der Statistik zu zeigen, wird eine gewisse Zahl Fragestellungen der statistischen Hydrometeorologie kommentiert, sowie :

— die Gesetze der Wassermenge ;
— die Indexe des Wasserstriebs und der Regenmenge ;
— die klimatischen Änderungen ;
— die Wettervoraussage ;
— das Ansteigen des Wassers und den niedrigsten Wasserstand ;
— die Versuche bezüglich des Kunstregens, usw.

Die meisten dieser Beispiele zeigen, dass ernsthafte wissenschaftliche Fortschritte nur durch das enge Zusammenleben des Statistikers und des Hydrologen erwartet werden können ; dies bewahrheitet sich natürlich auch auf anderen Gebieten.

Étude comparative des indices morphométriques appliqués aux sables

par Dr. V. Tonnard
Chef de Travaux à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Introduction

Au cinquième Congrès International de Sédimentologie, fut présenté un nouvel indice morphométrique applicable aux sables et galets (1).

Si ce nouvel indice se justifie par les résultats obtenus sur du matériel quaternaire, il vient cependant alourdir la liste déjà très longue des indices proposés. On peut dire que chaque technicien de la sédimentologie a présenté son indice pour peu qu'il ait été amené à développer un travail plus particulier. On se trouve ainsi devant une quantité considérable de résultats, témoins de longs et patients efforts, cependant inutilisables dans un travail de synthèse où la comparaison est indispensable.

La situation est telle qu'actuellement se dessine une tendance générale : on souhaite — et la réalisation de ce souhait n'est sans doute pas lointaine — un congrès ou du moins quelques séances de travail destinées à choisir un (peut-être deux) indices morphométriques auxquels il sera conseillé de se tenir dans un but d'uniformisation des résultats. La décision qui sera ainsi prise doit évidemment être précédée de toute une série d'études effectuées par des laboratoires différents, dans un esprit et dans un sens différents. Les résultats seront alors analysés, confrontés dans un effort de synthèse et de simplification.

La présente étude est une contribution aux travaux préliminaires ; elle se limite à la morphométrie des sables.

Définition : critères objectifs et subjectifs

Lorsqu'en conclusion d'un colloque, on sera amené à choisir l'indice « idéal », les participants jugeront selon deux types de critères dont ils devront être au mieux informés : *critères objectifs et critères subjectifs*. Ils ne devront cependant pas perdre de vue ce que l'on demande à un indice morphométrique : un chiffre ou un nombre, exprimant dans une échelle conventionnelle l'action des météores sur le grain de sable

ou le galet. Cette action se manifeste par une certaine usure des grains dont le premier effet est l'apparition d'un émoussé (arrondi des angles). C'est en fait cet émoussé que la plupart des indices applicables aux sables s'attachent à chiffrer.

Les *critères subjectifs* sont : la facilité et la commodité des mesure, la simplicité des calculs, la rapidité de l'opération. Dans un travail de recherche, ce dernier critère peut paraître étrange alors que la notion de rendement est chose secondaire. La pratique a cependant montré que le soin à effectuer ces opérations toujours fastidieuses était défavorablement influencé par la longeur de celles-ci.

Il est assez difficile de chiffrer ces critères subjectifs ; ils dépendent de l'opérateur, de son état physique et psychique, des commodités dont il jouit, du matériel dont il dispose ; la seule chose qu'il nous fut possible de réaliser a été de noter le temps moyen nécessaire aux mesures et aux calculs des indices ; nous en reparlerons.

Il faut aussi prévoir que l'indice morphométrique présentant le plus d'exemples d'application à la date d'un colloque de sédimentologie gagnera de ce fait quelque chance a être choisi : il sera mieux connu, plus familier et aura sans doute à son actif la solution de quelques problèmes.

Mais il y a d'autres critères subjectifs à envisager. L'expression de l'indice doit être simple : un nombre, si possible entier, sera préféré à une fraction ou une association de plusieurs nombres. De plus, l'indice sera logique ; entendons par là qu'il variera proportionnellement à l'usure qu'il exprime et non inversément.

L'indice devra être parlant, c'est-à-dire que, compte tenu de la remarque précédente, ses limites de variation ne seront ni trop étroites, ce qui ferait perdre de sa précision, ni trop larges, ce qui diminuerait sa lisibilité et sa maniabilité.

Enfin, les éléments mesurés sur le grain de sable et entrant dans le calcul de l'indice devront être définissables sans difficulté ni ambiguïté.

Nous reprendrons ces critères subjectifs lors de l'étude systématique des différents indices proposés par la littérature.

Les critères objectifs se prêtant à des comparaisons chiffrées sont : la sensibilité, la sélectivité et la fidélité. La sensibilité d'un indice est la plus ou moins grande rapidité avec laquelle il accuse des variations dans le degré d'usure du matériau étudié. Sa sélectivité est la propriété de déceler dans un lot de sables les grains d'origine étrangère (la sélectivité se confond parfois avec la sensibilité). La fidélité est cette aptitude plus ou moins apparente d'un indice à fournir des résultats

reproductibles dans le temps (un même opérateur travaillant à des intervalles séparés sur un même échantillon obtient les mêmes résultats) et dans l'espace (deux opérateurs travaillant sur un même échantillon obtiennent les mêmes résultats).

Le graphique étant un moyen d'expression commode et clair, permettant ou même suggérant des comparaisons constructives, il est souhaitable que l'indice puisse se traduire graphiquement. En fait, il est toujours possible de traduire de telle sorte un indice mais il faut s'assurer que le graphique ainsi obtenu traduit des faits naturels et non des artéfacts de laboratoire.

Revue des indices applicables aux sables.

Envisageant exclusivement l'étude des grains de sable (et il sera toujours question de grains de quartz), nous ne serons pas amenés à passer en revue tous les indices morphométriques proposés.

Signalons cependant que si nous nous attachons ici à l'aspect morphométrique des grains, la pratique nous a montré que la morphoscopie, sous sa forme purement descriptive, en particulier l'étude de l'aspect des surfaces, encore actuellement peu développée, revêt une importance considérable et aidera sans doute à résoudre des problèmes laissés en suspens par les méthodes quantitatives.

Après qu'en France, Daubrée, avec son cylindre tournant, eût étudié — sans essayer de la chiffrer — l'usure expérimentale des grains de sable, il semble bien que c'est Wentworth, en Amérique (1919) (2) qui s'essaya à chiffrer la forme des débris rocheux par le « roundness ratio » (rapport d'arrondi) et le « flatness ratio » (rapport d'aplatissement). Mais ces deux rapports, faisant intervenir la notion d'épaisseur — grandeur pratiquement impossible à mesurer sous le binoculaire — sont inapplicables aux grains de sable et réservés aux galets.

Dans un but essentiellement pratique, Trowbridge et Mortimore créèrent, pour les prospecteurs, une échelle d'arrondis destinée, par comparaison, à déterminer le degré d'usure des grains dans les séries pétrolières. Le caractère arbitraire des échelles comparatives ne donne aucune chance à cet indice déjà vieux (1925) d'être un jour remis en honneur (3).

En 1927, Pentland crée le premier indice applicable aux grains de sable (4). Rappelons que les grains ne sont jamais visibles qu'en projection sur leur face la plus grande, que ce soit dans le champ du binoculaire ou sur l'écran d'un microprojecteur.

La détermination individuelle du « roundness » de Pentland se calcule par le rapport

$\frac{Sg}{Sc} \times 100$ où Sg est la surface de la projection du grain mesuré au planimètre (Wentworth dessinait cette projection à la chambre claire) et Sc est la surface d'un cercle de diamètre égal au plus grand diamètre du grain. On voit que ce rapport, égal à 100 pour une sphère parfaite, diminue d'autant plus que la forme du grain s'éloigne de cette limite.

Un autre rapport, celui de Cox (1927) (5), se calcule également sur la projection du grain par la formule

$K = \frac{A \times 4}{P^2}$ où A est la surface planimétrée et P est le périmètre mesuré au curvimètre. Ce rapport a une valeur maximum de 1 pour un grain parfaitement sphérique.

L'arrondi de Tickell (1931) (6) se définit par le rapport

$R = \frac{Sg}{Si}$ où Sg est la surface de projection des grains et Si la surface du cercle inscrit. Ce cercle inscrit se détermine en superposant à l'image de la projection une cible transparente calibrée. Il faut de suite remarquer que l'arrondi de Tickell, égal à 1 pour un grain sphérique, augmente lorsque l'usure des grains diminue (surface du cercle inscrit de plus en plus petit). Cette particularité est en fait un défaut, l'indice variant en sens inverse de la valeur dont il est l'expression.

L'angularité de Fischer (1933) (7) procède d'une conception de l'usure différente des précédentes. Ayant déterminé le centre du cercle inscrit à la projection du grain, il mesure les angles qui, de ce centre, sous-tendent des segments de droite sur le périmètre. La somme de ces angles est rapportée à 360° et exprimée en pour-cent. Comme l'indice de Tickell, l'angularité de Fischer, oscillant entre 0 et 100, varie en raison inverse du degré d'arrondi qu'elle veut exprimer.

Avec Cailleux, (1947) (8) toute une école propose maintenant l'indice d'émoussé du premier ordre défini comme étant le rapport $I = \frac{2\,r_1}{L}$ où r_1 est le plus petit rayon de courbure du périmètre et L le plus grand diamètre du grain. Sans que ce soit là une qualité intrinsèque, cet indice a le mérite d'avoir été fréquemment appliqué et d'avoir reçu de nombreuses tentatives d'amélioration dans la technique des mesures, dans la rapidité des calculs, dans l'expression des résultats (9-10). Nous devons encore d'autres indices à cet auteur : l'aplatissement, la

dissymétrie. Mais ces indices ne gardent toute leur signification qu'appliqués aux galets.

Un indice très proche de celui de Cailleux est l'indice de Kuenen (11) s'exprimant par la relation $I = \frac{2\,r_1}{D}$ où r_1 à la même signification que chez Cailleux et D est le diamètre du cercle inscrit.

Le dernier indice en date est l'indice de périmétrie (1956) (1) $p = \frac{S \times 4.10^3}{P. \times D.}$ construit pour les exigences d'une présentation graphique cumulative. S est la surface de la projection du grain, P son périmètre et D le plus grand diamètre. Égal à 1000 pour une sphère, cet indice diminue lorsqu'on s'éloigne de cette limite d'usure.

Dans cette liste, réservons une place particulière aux conceptions de Wadell (1932) (12). Se plaçant sur un plan purement théorique, il distingue la forme du grain (sphericity : comparaison entre la forme générale du grain et celle de la plus grande sphère inscrite) et l'usure du grain (roundness : expression de l'arrondi des angles). Traduisant ces conceptions sur la projection d'un grain, la forme en est exprimée par la relation $\varphi = \frac{dc}{Dc}$ où dc est le diamètre d'un cercle de surface égale à celle de la projection du grain et Dc le plus grand diamètre du grain (diamètre du cercle circonscrit) ; l'usure en est exprimée par l'arrondi $P = \frac{r_n}{N \times R}$ où r_n est le rayon de courbure des différents arrondis du grain, R est le rayon du cercle inscrit et N le nombre d'arrondis mesurés.

Pour définir la forme (sphéricité), Wadell utilise également le « degré de circularité » $\xi = \frac{c}{C}$ où c est la circonférence d'un cercle de même surface que la projection du grain et C est le périmètre de cette projection. Il est certain que la distinction de Wadell correspond à une réalité naturelle : des grains de même forme peuvent avoir des arrondis différents et vice-versa.

Suivant les formules présentées, les auteurs — sans toujours s'en rendre compte — ont exprimé tantôt la forme, tantôt l'arrondi du grain, valeurs qui se confondent facilement d'ailleurs dès qu'on passe à la limite d'usure surtout si on compare la forme et l'usure des grains à celles de la sphère circonscrite plutôt qu'à celle de la sphère inscrite. C'est ainsi que les indices de Pentland, Cox, Tickell, Tonnard et la sphéricité de Wadell expriment plutôt la forme du grain comparée à

une sphère tandis que les indices d'émoussé de Cailleux, de Kuenen et l'arrondi de Wadell expriment plus particulièrement le degré d'usure, sans toujours pouvoir se libérer entièrement de la forme du grain.

Et puisque nous en sommes au classement des indices, remarquons encore que deux tendances se marquent quant au choix de l'élément de comparaison. Un indice est toujours le résultat d'une comparaison de l'image actuelle du grain avec l'image qu'il présentait avant l'usure ou avec celle qu'il présenterait si l'usure était complète. Ce qu'était le grain de sable ou le galet est bien malaisé à préciser et c'est pourquoi, des indices, comme celui de Tester (16) qui compare la forme actuelle des galets à leur forme originelle hypothétique, sont d'application difficile et hasardeuse ; mais, implicitement, certains indices retournent à l'image originelle lorsqu'ils font intervenir le plus grand diamètre du grain (élément le plus proche d'une dimension qu'aurait présentée la forme originelle). Par contre, d'autres auteurs, renonçant logiquement à retrouver le point de comparaison originel, envisagent le point de comparaison final, admis commun pour tous les grains, la sphère inscrite au volume actuellement présenté. C'est au fond toute l'opposition entre l'indice d'émoussé de Cailleux et celui de Kuenen.

Enfin, les indices présentés par la littérature peuvent encore être groupés d'une autre manière : ceux qui sont calculés à partir de mesures continues (périmètre au curvimètre, surface au planimètre, plus grand diamètre au décimètre) et ceux qui sont calculés à partir de mesures discontinues (cible pour la mesure des rayons de courbure). Si les indices du premier groupe s'accomodent d'une représentation graphique, par contre, ceux du second groupe (indice d'émoussé de Cailleux en particulier) exigent des précautions spéciales surtout dans la représentation cumulative pour que des discontinuités de mesures ne faussent pas l'allure des courbes.

Uniformisation des indices à comparer
Techniques et conditions de travail

Dans un but de comparaison, il fut nécessaire de remanier quelque peu les indices proposés. Le tableau ci-joint montre, dans la colonne de gauche, les indices tels qu'ils furent présentés par leur auteur. On trouvera les indices modifiés dans la colonne de droite de telle sorte qu'ils oscillent entre 0 et 100 (des nombres de deux chiffres étant de lecture facile sur toute la longueur d'une règle à calculer de 28 cms) et qu'ils varient tous dans un même sens (l'indice augmente lorsque la forme des grains se rapproche de la sphère). On remarquera enfin que, dans un but de simplification, les annotations ont été uniformisées. Aucun de ces remaniements n'est de nature à modifier la sensibilité des indices.

Indices de la littérature	Limites	Indices remaniés
Pentland $\frac{Sg}{Sc}$ 100 % Sg : surface du grain Sc : surface du cercle circonscrit.	0 - 100	$Pe = \frac{S}{Sc} \times 100$
Cox. $K = \frac{A \times 4}{p^2}$ A : surface du grain p : périmètre du grain	0 - 1	$Co = \frac{S \times 4}{p^2} \times 100$
Tickell. $\text{Roudness} = \frac{Sg}{Si}$ Sg = surface du grain Si = surface du cercle inscrit	1 - ∞	$Ti = \frac{Si}{S} \times 100$
Fischer. $\text{Angularité} = \frac{a + b + c... + n}{360^\circ}$ 100 %	100 - 0	$Fi = \frac{a + b + c + .. + n}{360^\circ} \times 100$
Cailleux. $I = \frac{2\,r_1}{L}$ r_1 : plus petit rayon de courbure L : plus grand diamètre	0 - 1	$Ca = \frac{2\,r_1}{L} \times 100$
Kuenen $I = \frac{2\,r_1}{D}$ r_1 : plus petit rayon de courbure D : diamètre du cercle inscrit	0 - 1	$Ke = \frac{2\,r_1}{l} \times 100$
Tonnard $p = \frac{S \times 4.10^3}{P \times D}$ S : Surface du grain P : Périmètre du grain D : plus grand diamètre du grain	0 - 100	$To = \frac{S \times 4.10^3}{P \times L}$
Wadell. $\varphi = \frac{d}{Dc}$ d : diamètre d'un cercle de surface égale à celle de la projection du grain. L : plus grand diamètre du grain (cercle circonscrit).	0 - 1	$Wa_1 = \frac{d}{L} \times 100$
$P = \frac{\Sigma \frac{r_i}{R}}{N}$ r_i : rayon de courbure des contours R : rayon du cercle inscrit N : nombre de mesures.	0 - 1	$Wa_2 = \frac{2\,\Sigma\, r_i}{N \times l} \times 100$

Termes communs à la troisième colonne :

r_1 : plus petit rayon de courbure du périmètre du grain.
r_n : rayons de courbure successifs.
N : nombre de rayons de courbure mesurés.
C : circonférence d'un cercle de surface égale à celle de la projection du grain.
a+b+..+n : somme des angles au centre sous-tendant des segments de droite.
S : surface planimétrée de la projection du grain.
S_c : surface du cercle circonscrit (de diamètre L).
L : plus grand diamètre du grain.
P : périmètre curvimétré de la projection du grain.
S_i : surface du cercle inscrit (de diamètre l).
l : diamètre du cercle inscrit.
d : diamètre d'un cercle de surface égale (S) à celle de la projection du grain.

Ceci posé, d'autres questions restent à résoudre : quelle fraction granulométrique faut-il étudier, combien de grains doivent être soumis à l'analyse, quels procédés utiliser pour effectuer les mesures nécessaires.

On sait que le degré d'usure des différentes fractions granulométriques varie avec celles-ci, dans un même sédiment : Cailleux l'a montré en présentant le graphique 200 $r_{l/L}$ (13).

Nous avons eu l'occasion de procéder à de tels contrôles sur des sédiments variés et avec des indices différents. Nos conclusions coïncident généralement avec celles de l'auteur précité : les grains les plus usés ont un plus grand diamètre oscillant entre 500 et 700 μ. Pour une étude de détail d'un même type de sédiment — étude que nous n'abordons pas ici — il sera nécessaire de déterminer quelle valeur du plus grand diamètre donne les valeurs les plus fortes de l'indice choisi. Il sera nécessaire aussi de définir expérimentalement quelle fraction granulométrique (tamisage) donne le plus grand nombre de grains satisfaisant aux limites imposées. Cette opération permettra de préparer des échantillons riches en grains acceptables, ce qui facilitera grandement le travail en série.

*
* *

Quant au choix du matériel optique, chaque auteur préconise tel ou tel montage, allant du simple oculaire à cible (Cailleux) à la chambre claire plus ou moins compliquée.

A l'usage, l'emploi d'un microprojecteur nous a paru le plus rationnel et nous l'utilisons depuis 1955. Il présente les avantages suivants :

travail plus reposant, dans une demi-obscurité, sans aucun effort d'accomodation de l'œil et sous un éclairage réglable à volonté ;

mesures effectuées sur un dessin du contour, dessin qui peut être conservé pour des contrôles ultérieurs ;

choix des grains et mesures peuvent se faire indépendamment d'où une meilleure organisation du travail ;

les mesures s'effectuent sur un agrandissement considérable du grain (l'image projetée a 5-7 cm. de plus grand diamètre) ce qui permet une plus grande précision, l'utilisation de cibles plus serrées que la cible micrométrique habituelle et entraîne une fatigue moindre.

Quelques mots enfin au sujet des conditions de travail : elles peuvent se résumer en trois règles : rechercher le calme, travailler confortablement, éviter le surmenage. Ces trois règles, valables pour tous travaux, sont particulièrement d'application dans ces mesures très longues et fastidieuses. Nous avons testé de nombreuses fois le rendement qualitatif et quantitatif de divers opérateurs : le temps de travail peut être quadruplé, avec deux et trois fois plus d'erreurs accidentelles pour les conditions les moins favorables. Les résultats de telles observations (travail intensif et urgent, calme ou bruit, travail soutenu ou fréquemment interrompu, musique ou silence) sont pleins de curieux enseignements mais dépassent le cadre de cet exposé.

Soulignons que c'est le plus souvent le non respect des conditions idéales de travail qui entraîne le « coup de pouce » dans le sens souhaité par l'opérateur. Lombard souligne déjà la chose dans cet autre travail de minutie qu'est le marquage des séries sédimentaires (14).

Qualités et défauts apparents des indices utilisés

Indice d'émoussé du premier ordre de Cailleux $\left(Ca = \frac{2\ r_1}{L} 100.\right)$

En utilisant la cible micrométrique de l'auteur, nous avons craint de réaliser une uniformisation anormale des résultats. En effet cette cible ne comporte que neuf cercles, très judicieusement répartis sans doute, mais bien peu nombreux. Comme, d'autre part, on travaille sur un échantillon granulométriquement classé, la valeur de L ne varie guère d'un grain à l'autre ce qui uniformise artificiellement les résultats.

En utilisant le microprojecteur et mesurant r_1 au moyen d'une cible transparente à 15 courbes, nous évitons autant que possible un classement accidentel.

Si la mesure de L est facile et sujette à peu d'erreur, par contre la mesure de r_1 peut être sujette à variation suivant les opérateurs, car elle est assez subjective surtout sous le microscope où le facteur fatigue joue plus vite que dans l'emploi du dessin au microprojecteur. L'indice d'émoussé du premier ordre étant le plus rapide que nous connaissons (par la méthode du microprojecteur et en effectuant les calculs à la règle de 28 cms), nous lui accorderons un coefficient de temps égal à 1.

La sphéricité de Wadell ($Wa_1 = \frac{d}{L} 100$).

Cet indice exige évidemment l'utilisation du planimètre. Les mesures ne sont pas subjectives et ne demandent aucun choix de la part de l'opérateur. Par contre, la lecture au vernier du planimètre, la lecture de d dans une table des surfaces sont autant d'occasions d'erreur. Cet indice est cependant parmi les moins fatigants. Son coefficient de temps est égal à 2,8.

L'arrondi de Wadell ($Wa_2 = \frac{2\ \Sigma r_i}{N \times 1}$).

Théoriquement possibles sous le microscope, les mesures nécessaires à cet indice ne sont pratiquement réalisables que sur un dessin, car il faut épuiser tous les rayons de courbure que présentent les arrondis du grain. Travail particulièrement fatigant, irritant même car souvent on hésite entre un plat et une courbe de grand rayon : il faut s'imposer une limite. Calculs longs également car y entre une addition impossible à la règle, faite d'une dizaine de nombres trop petits pour être économiquement posés sur la machine. Le coefficient de temps est énorme : 11,2.

L'indice de Kuenen ($Ke = \frac{2r_1}{l} 100$).

Très proche de l'indice d'émoussé de Cailleux (l remplace L), cet indice de Kuenen en a les avantages et les inconvénients. Il faut cependant souligner que la détermination de l, diamètre du cercle inscrit au lieu de L, diamètre du cercle circonscrit, est plus délicate et se fait par comparaison avec une cible dont on cherche — par tâtonnement — à inscrire les cercles concentriques au périmètre parfois biscornu du grain proposé. Ceci explique que le coefficient de temps monte à 1,7.

L'indice de Cox ($Co = \frac{S \times 4}{p_2}\ 100$) fait intervenir des mesures objectives, surface et périmètre des grains. Les calculs sont assez faciles puisque le rapport $\frac{S}{P^2}$ est multiplié par une constante, mais les mesures de P sont pratiquement très difficiles. Le seul appareil utilisable est le curvimètre topographique. De bons curvimètres sont rares, quel que soit le prix consenti à leur achat et les contours irréguliers d'un grain exigent une souplesse que n'a pas la roulette de l'instrument ; aussi une répétition est-elle nécessaire dans la mesure de P. Le coefficient de temps atteint 4,1, compte tenu de la répétition pour P que nous tenons pour indispensable.

Le roundness de Tickell ($\mathrm{Ti} = \frac{\mathrm{Si}}{\mathrm{S}}\ 100$).

Pour les raisons exposées plus haut, nous utilisons l'inverse de la valeur proposée par l'auteur, ce qui ne change rien à la durée de l'opération ou du calcul. La difficulté et la source d'erreur accidentelle réside dans l'estimation de la surface du cercle inscrit (cible comparative, mesure du diamètre inscrit et passage aux tables). Le coefficient de temps est 3,6.

L'angularité de Fischer ($\mathrm{Fi} = \frac{a^o + b^o + \ldots + n^o}{360^o}\ 100$).

C'est l'indicele plus ingrat à effectuer. Sous sa formule apparemment simple, se cache la nécessité de rechercher le centre du cercle inscrit, donc de trouver ce cercle par tâtonnement. Il faut ensuite définir dans le contour du grain les segments droits ou assimilés à des droites ce qui est chose fort subjective, plongeant l'opérateur dans un abîme d'hésitation et lui donnant l'impression d'un travail sans base bien définie. Ceci lui ôte tout espoir de perfection avec les conséquences désastreuses d'une telle mentalité dans un travail pratiquement incontrôlable. De plus, la mesure des angles au centre exige l'utilisation d'une loupe genre compte-fil dont le plan focal porte les graduations d'un rapporteur. Une telle loupe se trouve dans le commerce, mais est d'un emploi fatigant. Le coefficient de temps est, de plus, assez grand car dans les calculs interviennent la numération décimale et la numération sexagésimale : 5,8.

L'indice de périmétrie de Tonnard ($\mathrm{To} = \frac{\mathrm{S} \times 4.10^3}{\mathrm{P} \times \mathrm{L}}$).

Cet indice, construit dans le but d'une utilisation graphique, élimine autant que possible les erreurs d'appréciation personnelles et les classements accidentels. Mais il a le grand inconvénient de faire intervenir des mesures longues (S, planimétrie ; P, curvimétrie au moins deux fois pour les raisons susdites) et d'imposer un calcul en trois ou quatre coups de règle alors que les autres indices sont calculés en deux coups, exception faite des indices utilisant une addition. C'est donc un indice long mais facile, que n'importe quel opérateur peu averti peut exécuter fidèlement. Son coefficient de temps est de 5,3.

L'indice d'usure de Pentland ($\mathrm{Pe} = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{Sc}} \times 100$).

Cet indice, ne présentant pas de difficultés particulières puisqu'on peut facilement mesurer L afin de déterminer la surface du cercle circonscrit, possède un coefficient de temps de 2,1.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous, les coefficients de temps et les coefficients de fatigue des différents indices. Les coefficients de

temps sont calculés d'après le temps moyen chronométré, nécessaire à un opérateur *entraîné* pour calculer entièrement un indice (du dessin de la projection au résultat chiffré). Le coefficient de fatigue est une appréciation personnelle, basée sur l'expérience de plusieurs milliers de grains soumis à chacun des indices énumérés.

			Indice de fatigue	Indice de temps
Cailleux	Ca	$= \frac{2\,r_1}{L} \times 100$	1.0	1.0
Wadell 1.	Wa_1	$= \frac{d}{L} \times 100$	1.3	2.8
Wadell 2.	Wa_2	$= \frac{2\ \Sigma r_1}{N \times l} \times 100$	2.0	11.2
Kuenen	Ke	$= \frac{2\,r_1}{l} \times 100$	1.2	1.7
Cox	Co	$= \frac{S \times 4}{P^2} \times 100$	1.8	4.1
Tickell	Ti	$= \frac{Si}{S} \times 100$	1.5	3.6
Fischer	Fi	$= \frac{a^0 + b^0 + \ldots + n^0}{360^0} \times 100$	3.0	5.8
Tounard	To	$= \frac{S \times 4.10^3}{P \times L}$	1.8	5.3
Pentland	Pe	$= \frac{S}{Sc} \times 100$	1.5	2.1

Description du matériel d'essais

Dix échantillons ont été utilisés pour tester la sensibilité des 9 indices repris dans le tableau ci-dessus.

Éch. N° 01 (N° de labo : 74) Sable du désert de Biskra (Aurès).

Sable calcareux dont les grains de quartz, en particulier de diamètre 0,4 à 0,6 mm., montrent le faciès rond mat caractéristique des sédiments éoliens.

Éch. N° 02 (N° de labo : 18) Sable du lac Michigan (Indiana).

Sable lacustre avec dominance d'émoussés luisants. Cependant quelques grains de plus grande taille montrent parfois le faciès R.M. (dunes)

Éch. N° 03 (N° de labo : 08) Sablequaternaire de Le Pin (Vendée).

Grains avec dominance de R.M., éoliens périglaciaires ; quelques grains nettement N.U.

Éch. N° 04 (No de labo : 01) et N° 05 (N° de labo : 02) Sables Onx de Wierde (Namur).

Dépôts « lacustres et continentaux » des formations chattiennes du Condroz.

Éch. N° 06 (N° de labo : 40) Sables diestiens du Pottelberg (Hageland).

Grains mêlés de glauconie. Aspect très frais, semblent n'avoir guère subi l'action des vagues de plage ou se sont déposés dans une mer sans marée.

Éch. N° 07 (N° de labo : 13) Sables stampiens de Dourdan (S. et O.)

Sable mal calibré, d'aspect très frais, caractères morphologiques proches de ceux de l'échantillon N° 06.

Éch. N° 08 (N° de labo : 26) Sable bruxellien de Gembloux (Brabant).

Sable marin assez bien calibré où le caractère E.L. est sensible surtout dans les tailles les plus fortes (au dessus de 0,3 mm.).

Éch. N° 09 (N° de labo : 27) Sable marin actuel de Praja Vermeilla (Rio de Janeiro).

Sable de plage battue par des vagues. Usure extrêmement poussée. Prédominance absolue de E.L.

Éch. N° 10 (N° de labo : 47) Sable littoral actuel. Mer du Nord. Ostende.

Sable de plage basse, action mécanique des vagues modérée et reprise partielle par le vent — (Sable des dunes).

Analyse statistique

a) Nombre de grains étudiés.

Dans chacun des dix échantillons, neuf groupes différents de 25 grains ont été respectivement soumis aux neuf indices cités. Ce planing a été adopté, plutôt que de reprendre 9 fois les mêmes 25 grains dans un échantillon, de façon à satisfaire aux conditions théoriques du test de sensibilité de Schumann et Bradley (15).

Nous avons à priori choisi 25 grains parce que l'expérience montre que, dans l'utilisation de la plupart des indices, la moyenne ne se modifie guère de plus de quelques pour-cent dès que l'on atteint le vingt cinquième grain environ, quel que soit le nombre de grains supplémentaires étudiés. Un développement statistique ultérieur montrera le nombre minimum de grains à utiliser suivant le but poursuivi et les conditions de travail.

b) Contrôle de la normalité.

La normalité (répartition gaussienne) des populations étudiées s'étant avérée satisfaisante au papier probit, nous avons entammé l'analyse de la variance des résultats bruts.

c) Comparaison des valeurs de F.

Les 10 échantillons étudiés au moyen de l'un des neuf indices se distinguent les uns des autres plus ou moins suivant la valeur du paramètre F. *Nous pouvons admettre, en première étude, que l'indice donnant la plus forte valeur de F sera l'indice le plus sensible.*

Le tableau de la page 411 reprend les résultats obtenus.

Toutes ces différences entre échantillons sont hautement significatives (F_0 au seuil 0,01 $\simeq$ 2,41) et l'application du test « t » de Student ne donne guère de renseignements supplémentaires.

Attribuant, en première approximation, la plus grande sensibilité à l'indice obtenant la plus grande valeur de F, nous pouvons provisoirement opérer le classement suivant.

Arrondi de Wadell	26,0	Périmétrie de Tonnard	3,8
Indice de Cailleux	25,0	Usure de Pentland	3,3
Indice de Kuenen	19,0	Angularité de Fischer	3,0
Indice de Cox	7,0	Sphéricité de Wadell	2,8
Roundness de Tickell	5,1		

Trois indices se dégagent du lot (Wadell, Cailleux, Kuenen) et il est remarquable de constater que ces trois indices sont ceux qui font intervenir la notion de plus petit rayon de courbure ($Wa_2 = \frac{2\,\Sigma\, r_i}{N \times l} \times 100$; $Ca = \frac{2\, r_1}{L} \times 100$; $Ke = \frac{2\, r_1}{l} \times 100$) et expriment l'usure plutôt que la forme.

d) Test d'égalité des variances.

Cependant, avant d'émettre une conclusion, il est bon de procéder au test d'égalité des variances entre les échantillons pour chacun des indices. C'est qu'en effet il serait peu logique de vouloir comparer par la moyenne une population de valeurs très dispersées à une autre population de valeurs très concentrées. L'analyse de la variance est d'ailleurs subordonnée à cette hypothèse au même titre qu'à l'hypothèse de répartition gaussienne.

Soucres de variation	Degrés de de liberté	Sommes des carrés d'écarts	Variances	F.
Indice de Cailleux				
Différence entre échantillons	9	14.092	1.566	25,0
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	15.136	63	—
Total	249	29.228	—	—
Sphéricité de Wadell				
Différence entre échantillons	9	1.206	134	2,8
Différence entre gains (dans les échantillons)	240	11.483	48	—
Total	249	12.689	—	—
Arrondi de Wadell				
Différence entre échantillons	9	30.222	3.358	26,0
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	31.067	129	—
Total	249	61.289	—	—
Indice de Kuenen				
Différence entre échantillons	9	17.344	1.927	19,0
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	23.950	100	—
Total	249	41.294	—	—
Indice de Cox				
Différence entre échantillons	9	3.964	440	7,0
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	15.074	63	—
Total	249	19.038	—	—
Roundness de Tickell				
Différence entre échantillons	9	6.324	703	5,1
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	33.074	138	—
Total	249	39.398	—	—
Angularité de Fischer				
Différence entre échantillons	9	4.723	525	3,0
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	42.504	177	—
Total	249	47.227	—	—
Périmétrie de Tonnard				
Différence entre échantillons	9	3.372	375	3,8
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	23.688	99	—
Total	249	27.060	—	—
Usure de Pentland				
Différence entre échantillons	9	3.582	398	3,3
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	28.757	120	—
Total	249	32.339	—	—

Le test d'égalité des variances des 10 échantillons a été réalisé suivant le schéma de Hartley, qui envisage le rapport de la variance maximum à la variance minimum. Ce rapport, selon les tables de Hartley et dans les conditions du présent travail, ne peut dépasser 3,83, limite au delà de laquelle il faut considérer comme excessif le rapport des dispersions des résultats. Ce rapport des variances, pour les neuf indices étudiés, est exprimé dans le tableau suivant :

Arrondi de Wadell	3,01	Égalité des variances
Indice de Cailleux	50,43	Inégalité
Indice de Kuenen	6,90	Inégalité
Indice de Cox	4,22	Inégalité
Roundness de Tickell	1,79	Égalité
Périmétrie de Tonnard	7,59	Inégalité
Usure de Pentland	2,42	Égalité
Angularité de Fischer	3,38	Égalité
Sphéricité de Wadell	4,70	Inégalité.

A côté de quatre populations normalement étalées, cinq sont à dispersion trop variable et ne peuvent, telles quelles, être utilisées dans des comparaisons statistiques. Un rapport de variance comme celui de l'Indice de Cailleux dénote une hypersensibilité inadmissible. Il importe — si on veut maintenir ces indices — d'amortir les écarts par un quelconque artifice.

e) Passage aux log. des Indices de Cailleux et de Kuenen.

C'est ainsi que pour les indices de Cailleux et de Kuenen, il existe une relation approximativement linéaire entre les logarithmes des variances et ceux des moyennes comme on peut le constater sur un papier log/log. Sur papier non logarithmique, on peut d'ailleurs aussi mettre en évidence une relation linéaire entre moyennes et écarts types. Pour les autres indices (Sphéricité de Wadell, Périmétrie de Tonnard, Indice de Cox), aucune relation n'a pu être découverte ; si elle existe, elle est trop complexe pour être d'applicaton pratique.

Nous considérerons donc que ces trois derniers indices ne sont pas aptes à des manipulations statistiques par suite de leur hypersensibilité incontrôlable. Remarquons que ces trois indices font intervenir des notions de surfaçage et de périmétrie.

En passant aux logarithmes, les indices de Cailleux et de Kuenen donnent des rapports de variances (respectivement 3,80 et 3,82) inférieurs à la limite (3,83) de Hartley. Nous préconisons donc, pour des comparaisons statistiques, le passage aux logarithmes d'autant plus que l'analyse de la variance montre que ce passage n'affecte aucunement la sensibilité de l'indice (tableau ci-dessous).

Sources de variation	Degrés de liberté	Sommes des carrés d'écarts	Variances	F.
100 × Log. Indice de Cailleux.				
Différence entre échantillons	9	93.449	10.383	24,1
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	103.107	430	—
Total	249	196.556	—	—
100 × Log. Indice de Kuenen				
Différence entre échantillons	9	62.026	6.892	18,9
Différence entre grains (dans les échantillons)	240	87.496	365	—
Total	249	149.522	—	—

f) Test de sensibilité.

Par le test de sensibilité de Schumann et Bradley (15), il nous reste à dégager l'indice le plus sensible parmi les suivants classés en ordre de sensibilité vraisemblable décroissante et dont le test de Hartley a montré que, telle quelle ou après passage aux logarithmes, la forme était statistiquement utilisable.

Arrondi de Wadell	26,0	Roundness de Tickell	5,1
Log. Indice de Cailleux	24,1	Usure de Pentland	3,3
Log. Indice de Kuenen	19,3	Angularité de Fischer	3,0

En le dégageant de ses développements théoriques, le test de Schumann et Bradley se résume à comparer deux à deux les valeurs de F des indices testés en calculant le rapport $F_g/F_h > 1$.

Ce rapport est comparé à la valeur limite qu'il doit atteindre au seuil 0,05 par exemple pour exprimer que l'indice g est significativement plus sensible que l'indice h.

Les tables sont à double entrée : $b = \dfrac{\text{dégré de liberté interéchantil.}}{2}$

$$a = \frac{(n\text{-}1)\ (Fg + Fh)^2}{8\ (Fg + Fh - 1)}$$

(n = nombre d'échantillons pour chaque indice).

Les conclusions de ce test sont résumées dans le tableau suivant où nous reportons les valeurs de Fg/Fh en caractères gras lorsque ce rapport est tel que l'indice g est significativement différent de l'indice h, en italiques sinon.

Rappelons que ce test demande que des échantillons différents d'une même population soient soumis à chacun des indices.

Wadell (26,0)					
1,08	Log. Cailleux (24,1)				
1,35	*1,25*	Log. Kuenen (19,3)			
5,10	**4,73**	**3,78**	Tickell (5,1)		
7,88	**7,30**	**5,85**	*1,55*	Pentland (3,3)	
8,67	**8,03**	**6,43**	*1,70*	*1,1*	Fischer (3,0)

L'analyse du tableau est assez décevante car elle ne permet pas de distinguer, comme nous l'espérions, des trois indices les plus sensibles, celui qui serait significativement le meilleur.

Ce sont donc des considérations pratiques qui nous amèneront à choisir tel ou tel indice.

g) Choix d'un indice.

Les indices de Cailleux et de Kuenen présentent tous deux l'inconvénient d'exiger le passage aux logarithmes. De plus, l'indice de Kuenen exige la mesure du rayon du cercle inscrit (l) plus longue à effectuer que la mesure du cercle circonscrit (L.). Cet alourdissement des manipulations ne conduit pas à un accroissement de la sensibilité : *c'est pourquoi nous préférérons l'indice de Cailleux à celui de Kuenen, à condition de passer aux logarithmes.*

Comparé à l'arrondi de Wadell, l'indice de Cailleux présente deux désavantages marqués. L'un, déjà cité, est le passage aux logarithmes. L'autre apparaît en comparant les formules des deux indices : Wadell envisage la moyenne de tous les arrondis tandis que Cailleux n'envisage que le plus petit rayon de courbure, ce qui est une cause non négligeable d'erreurs accidentelles. L'opérateur peut en effet, soit se tromper dans la mesure, soit mesurer un rayon de courbure qui n'est pas le plus petit. D'autre part, *surtout si on envisage l'expression graphique de l'indice* (10) *et l'interprétation des accidents de la courbe cumulative*, il faut se rappeler que la cible micrométrique de Cailleux ne porte qu'un nombre restreint de cercles et qu'on travaille dans une fraction granulométrique assez étroite (valeur relativement constante de L). Ces faits entraînent un classement artificiel des valeurs de l'indice et des

crochets dans la courbe cumulative qui, loin d'être des « remaniements », ne sont que des artéfacts de laboratoire.

Par contre, l'arrondi de Wadell est très long à mesurer et à calculer malgré des améliorations techniques possibles.

Il nous paraît plus utile — dans un travail où on exprimera les résultats par une *moyenne* d'indices — d'effectuer plutôt des mesures sur un grand nombre d'échantillons d'une même provenance ou origine que de s'attacher à l'expression rigoureuse de l'usure.

C'est pourquoi, sans vouloir imposer cette conclusion, nous opterions plutôt pour l'utilisation intensive de l'indice de Cailleux ramené au logarithme *à condition de ne pas en tenter, sans essais préliminaires, l'expression par courbes cumulatives.*

Dans ce dernier cas, faut-il utiliser l'arrondi de Wadell ou le log. de l'indice de Cailleux ? Des études en cours s'efforcent de lever l'indétermination.

Par contre, si une étude de détail s'impose — entre les strates d'une même formation par exemple — l'utilisation rigoureuse de l'indice de Wadell sera nécessaire.

*
* *

Nous remercions Monsieur le Professeur Cailleux de Paris qui nous a très aimablement ouvert l'immense collection d'émoussés qu'il complète depuis des années. Beaucoup d'échantillons caractéristiques repris dans la présente étude proviennent de cette source. Nous remercions aussi Monsieur Dagnelie, Assistant à la Chaire de Mathématiques, qui a bien voulu orienter la partie statistique du travail.

BIBLIOGRAPHIE

(1) Tonnard, Présentation et application de l'Indice de périmétrie. *Eclogae geologicae Helvetiae*, 1958, p. 779.

(2) Wentworth, A laboratory and field study of cobble abrasion. *Journ. Geology*, vol. 27, p. 507, 1919.

(3) Trowbridge et Mortimore : Correlation of oil sands by sedimentary analysis. *Econ. Geology*, vol. 20, p. 409, 1925.

(4) Pentland, A method of measuring the angularity of sands. *Royal Soc. Canada, Proc. and Trans*, S. 3, vol. 21, 1927.

(5) Cox, A method of measuring numerical and percentage values to the degree of roundness. *Journ. Paleon.*, vol. 1, p. 179, 1927.

(6) Tickell, The examination of fragmental rocks. Stanford university Press, p. 6, 1931.

(7) Fischer, Die Petrographie des Grauwacken. *Jahrb. des Preuss. Geol. Landesanst* (Berlin), Bd. 54, p. 322, 1933.

(8) Cailleux, L'indice d'émoussé des galets de quartz. *C. R. Sommaire Soc. Géol. de Fr.*, t. 1-2, p. 34, 1949.

(9) Tricart et Schaeffer, L'indice d'émoussé des galets. *Rev. géom. dyn. Strasbourg*, n° 4, 1950.
(10) Graulich, L'emploi des courbes cumulatives dans l'étude de l'indice d'émoussé des galets. *A.S.G.B.*, t. 74, p. B 155. 1951.
(11) Kuenen, Experimental abrasion of pebbles. *Leidse Geol. Mededel.*, t. XX, p. 142, 1955.
(12) Wadell, Volume, Shape and Roundness of rock particles. *Journ. of Geology*, vol. 40, p. 443, 1932.
(13) Cailleux, L'indice d'émoussé des grains de sable et grès. *Rev. de géom. dyn. Strasbourg*, n° 1, 1932.
(14) Lombard, Géologie sédimentaire. Les Séries marines. Paris-Liège. 1956.
(15) Schumann et Bradley, The comparison of the sensitivities of similar experiments. *Biometrics*, vol. 15, n° 3, p. 405. 1959.
(16) Tester, The measurement of the shapes of rock particles. *Journ. Sed. Petrology*, vol. 1, p. 3. 1931.

Résumé.

Afin de permettre à un prochain congrès de sédimentologie d'effectuer un choix d'indices à conseiller parmi la multiplicité des indices présentés par la littérature, l'auteur teste la sensibilité de neuf indices sur du matériel sableux caractéristique de diverses parties du monde.

Il utilise la méthode de Schumann et Bradley.

Le travail permet d'éliminer certains indices et montre que d'autres ne prennent toute leur signification qu'après passage aux logarithmes.

Comparative study of the morphometric indexes applied to sands

Summary.

In order to make it possible for a future congress of sedimentology to choose advisable indexes amongst the multiplicity of indexes presented in the literature, the author tests the sensitivity of nine indexes upon characteristic sandy material from various parts of the world.

The Schumann and Bradley method is used.

The work allows to eliminate certain indexes and shows that others only take their full meaning after a logarithmic transformation.

Vergleichendes Studium der dem Sande angewandten morphometrischen Indexe

Zusammenfassung.

Um es zu ermöglichen, anlässlich eines künftigen Kongresses für Sedimentologie eine Auswahl Indexe zu treffen unter der in der Literatur dargestellten Mannigfaltigkeit der Indexe, testiert der Verfasser das Empfindungsvermögen von neun Indexen auf charakteristischen Sandmaterial verschiedener Gegenden in der Welt.

Es wird die Methode von Schumann und Bradley herangezogen.

Die Arbeit erlaubt, gewisse Indexen zu entfernen und zeigt, dass andere ihre Bedeutung lediglich nach Übergang zu den Logarithmen erhalten.

Introduction à la notion de traitement et au problème de la comparaison simultanée de plus de deux traitements

par P. De Munter

Professeur à l'Université officielle du Congo belge et du Ruanda-Urundi (Congo belge)

La notion de modèle

Les considérations que nous allons développer sont relatives à la comparaison simultanée de plus de deux traitements. Mais avant d'aborder les différents aspects de ce problème il me semble utile de définir avec précision ce qu'il est convenu d'appeler, dans l'expérimentation moderne, un traitement.

L'observation de la nature nous permet de nous rendre compte qu'elle se manifeste sous des formes variées ; la science s'est limitée longtemps à la description de ces formes.

Aucun homme conscient de la réalité du monde extérieur ne se posera jamais la question de savoir *pourquoi* la nature se manifestera suivant telle forme plutôt que telle autre ; mais il est du devoir du savant de se demander *comment*. Pourquoi le canard a-t-il deux yeux est une question absurde. Les embryologistes recherchent comment il se fait que le canard a deux yeux. Ils recherchent même la manière d'intervenir pour que le canard n'ait qu'un œil.

La description de la nature ne demande de la part du chercheur aucune qualité particulière ; il lui faut le « don de l'observation ». Cela seul ne sert pas à grand chose ! L'*explication* de la nature demande une certaine imagination. La médiocrité de notre connaissance est telle que l'on ne peut expliquer la nature qu'en lui substituant un modèle dont les propriétés s'expriment au moyen des mathématiques. Les premières manifestations de la nature, observées dans le domaine de la physique atomique, ont reçu des explications multiples ; par exemple, par le modèle de l'atome de Bohr. Le mouvement des objets dans l'espace limité qui nous entoure est schématiquement expliqué par la mécanique rationnelle du point matériel. Certaines propriétés géométriques du triangle formé par trois montants d'une charpente métallique sont vraies seulement pour un triangle plan plongé dans un espace euclidien, c.-à-d. où entre autre la gravitation n'intervient pas. C'est cet espace euclidien et les objets élémentaires qu'il contient (point, droite et plan), satisfaisant à certaines règles d'origine empirique appe-

lées axiomes, qui constitue le modèle mathématique qui explique schématiquement les propriétés géométriques observées dans la nature.

Les modèles mathématiques.

La science biologique est encore confinée pour une certaine part dans la description de la nature ; mais le progrès est tel que même dans ce cas la description porte aussi sur les relations entre les formes observées.

Au début de ce siècle, une tendance nouvelle a vu le jour dans la science biologique : la biologie mathématique. Ce mouvement était parallèle à celui qui entraînait la sociologie et l'économie. C'était une conséquence du rationalisme d'Auguste Comte. Les ouvrages de Divisia (en économie) et de Kostitzin (en biologie) en constituent le couronnement et d'ailleurs la fin. Les modèles de la biologie mathématique (et de l'économie) sont trop rigides et trop restrictifs ; la nature ne peut jamais en constituer une image satisfaisante : l'écart entre l'image (l'observation) et le modèle est du même ordre de grandeur que l'image elle-même.

Cet écart résulte de l'action de tous les facteurs incontrôlés qui perturbent l'observation et dont les modèles mathématiques rigides ne tiennent pas compte. Il est donc indispensable d'introduire dans le modèle non seulement une erreur, mais également la variabilité de cette erreur. Les grandes erreurs étant plus rares que les petites, il est possible de tenir compte de cet aspect probabiliste de la répartition des erreurs en ajoutant au modèle la notion de distribution de l'erreur.

Les modèles statistiques.

Et nous arrivons à la notion centrale de l'expérimentation moderne : la notion combinée de population-fonction de distribution. Il n'est peut-être pas inutile d'en préciser la définition. Ensuite, nous montrerons qu'elle est équivalente à la notion de traitement.

Le terme population garde grosso modo sa signification courante. Toutefois, au lieu de populations d'individus, la statistique s'occupe de populations de nombres : chaque être de la population est remplacé par le nombre qui mesure la caractéristique observée.

La population peut être latente ou patente. En démographie elle est généralement patente ; elle est, par exemple, constituée par les exploitations agricoles d'une région déterminée, la caractéristique observée étant la production annuelle de betteraves fourragères. En biologie, la population est généralement latente ; souvent même elle n'est que concevable. Elle est, par exemple, constituée par les accroissements (positifs ou négatifs) de durée de sommeil dûs à l'application d'une drogue somnifère et l'on est amené dans ce cas, à considérer la

population constituée par l'ensemble des nombres réels ; cette population n'a évidemment qu'une existence conceptuelle.

La population est continue ou discontinue. Dans tous les cas de comptages elle est discontinue. Dans tous les cas où la caractéristique observée est mesurée par un instrument à graduations arbitrairement fines, la population est continue.

La population est finie ou infinie. En démographie elle est finie et par conséquent discontinue. En biologie elle est le plus souvent infinie ; elle n'en est pas pour autant continue. Dans certains cas de comptages, par exemple lorsque l'événement observé est le nombre de coups enregistré par un compteur Geiger-Müller pendant une heure, il est concevable que l'observation soit n'importe quel entier positif aussi grand que l'on veut.

Variable aléatoire et fonction de distribution

Considérons une population infinie, continue, latente, dont on peut concevoir qu'elle est constituée par tous les nombres réels. Ce sont, par exemple, des accroissements (positifs ou négatifs) de poids dûs à l'application d'une drogue fortifiante. Dans le but de décrire grossièrement la population, nous pouvons dire que les grands accroissements sont rares, que les accroissements compris entre + 2 et + 15 sont très fréquents, etc. Il est commode pour exprimer que les accroissements de poids de la population sont distribués d'une certaine manière d'utiliser les notions de variable aléatoire et de fonction de distribution.

A une variable ordinaire, pouvant prendre par exemple n'importe quelle valeur réelle, n'est pas attachée une chance de se trouver dans un intervalle plutôt que dans un autre.

Au contraire, une variable aléatoire pouvant prendre, par exemple, n'importe quelle valeur, a des chances diverses de se trouver dans différents intervalles. Et la probabilité d'occurrence d'une variable aléatoire dans un intervalle est fonction des limites de cet intervalle.

La fonction qui conditionne complètement les chances d'une variable aléatoire d'appartenir aux différents intervalles s'appelle la *fonction de distribution* de cette variable. La f. de d. est donc une fonction dont les valeurs représentent les probabilités d'occurrence de la variable aléatoire dans certains intervalles ; les limites des intervalles déterminent entièrement les valeurs de la fonction.

La population infinie, continue, latente, des accroissements de poids est parfaitement connue dès que l'on en connaît la f. de d. La f. de d. est la connaissance la plus complète que l'on peut avoir de cette population. On ne l'atteint d'ailleurs jamais ! La statistique mathématique fournit les méthodes qui permettent d'approfondir, d'affiner cette connaissance.

La notion de traitement.

Il nous reste peut de chose à dire afin de montrer que la notion de traitement, dans le contexte de l'expérimentation moderne, est équivalente à la notion combinée de population-fonction de distribution que nous venons de décrire. Il suffit pour s'en convaincre de reprendre, à l'envers, l'exemple précédent.

Une usine de produits pharmaceutiques a mis au point un fortifiant pour enfants débiles. Que représente ce fortifiant en dehors de son aspect physique et de ses propriétés chimiques ? Ses qualités « fortifiantes » sont condensées dans une f. de d. Et cette f. de d. constitue le maximum actuellement possible de notre connaissance sur le fortifiant en question. Le fortifiant est appliqué dans des conditions déterminées ; par exemple, à des enfants de race blanche, de 8 à 12 ans, dont le rapport poids/taille est inférieur à un certain niveau et dont la débilité résulte d'un ensemble de causes connues et analogues ; les modalités d'application sont également déterminées. Le rapport poids/taille est mesuré avant et après le traitement. La caractéristique observée est, par exemple, l'accroissement relatif (positif ou négatif) du rapport. (Le choix de la caractéristique observée dépend essentiellement de considérations médicales). Il est facile de concevoir la population infinie, continue, latente, de tous les accroissements relatifs possibles. C'est l'ensemble de toutes les réponses possibles (concevables) au traitement appliqué dans des conditions déterminées. Cet ensemble constitue toute l'information sur le traitement. Elle est condensée dans la f. de d. de la population.

Il serait souhaitable de citer encore de nombreux exemples illustrant l'équivalence entre la notion de traitement et celle combinée de population- f. de d. Mais le temps nous manque. Toutefois, il importe de souligner que si dans l'exemple précédent le traitement consiste effectivement en l'application d'un « traitement » à des « patients », la notion de traitement est plus générale. Toute opération, faite dans des conditions contrôlées sur des unités expérimentales définies par un certain nombre de critères, constitue un traitement. C'est le caractère non exhaustif de la définition des unités expérimentales à quoi s'ajoute l'imperfection du contrôle des conditions d'application qui provoque la variabilité des réponses possibles.

Généralisation.

Il a été supposé jusqu'ici que chaque unité expérimentale fournit une seule réponse ; autrement dit, une seule caractéristique est observée. On dit que la population est unidimensionnelle. Ce cas est un cas particulier, quoique le plus fréquent dans la pratique. Rien

n'empêche de considérer une population tridimensionnelle. Le traitement correspondant implique l'observation simultanée de trois caractéristiques. Ce sont des expériences de ce type qui ont conduit Galton aux problèmes de la corrélation.

Les hypothèses de travail sur le modèle.

Limitons-nous au cas des populations unidimensionnelles et reconsidérons le problème dans le sens où l'expérimentateur doit l'aborder. Étant donné un traitement (et ses conditions d'application) il lui correspond univoquement une f. de d. inconnue. Bref, nous savons que le modèle existe. Mais en quoi consiste-t-il ? Puisqu'à priori il est impossible d'avoir une information complète sur le modèle, il est évidemment permis de formuler à son sujet certaines hypothèses autres que les caractères infini, latent et continu. Par exemple, on peut supposer à priori que la f. de d. est symétrique, donc symétrique par rapport à la moyenne, que nous supposerons nulle pour simplifier l'exposé. En d'autres termes, la probabilité d'occurrence de la variable aléatoire dans l'intervalle (a, b) est égale à la probabilité d'occurrence dans l'intervalle (-b, -a). En termes plus intuitifs, les réponses négatives ont la même chance que des réponses positives. Cette hypothèse implique à priori certaines propriétés pour le traitement étudié. Or, vous n'êtes pas sans savoir qu'en général, on est amené à supposer davantage quant à la forme de f. de d. En vertu du Théorème Limite Central du Calcul des Probabilités, il est souvent justifié de supposer que la f. de d. est normale (gaussienne, en forme de chapeau de gendarme, etc.). C'est considérablement simplifier la nature que de supposer que les populations des réponses possibles à l'application d'un somnifère sont normales !

Échantillonnage et hasard.

Quelle est l'information actuelle dont on dispose au sujet du traitement ? Cette information se présente sous la forme d'un échantillon de nombres qui sont les réponses des unités expérimentales soumises au traitement. Il faut que le choix de ces unités expérimentales soit tel que l'échantillon puisse être considéré comme prélevé au hasard dans la population de toutes les réponses possibles. En particulier, cela implique que les essais soient mutuellement indépendants. Je voudrais souligner l'importance et la signification de l'expression « prélevé au hasard dans la population ». Les nombres qui constituent l'échantillon doivent être des réalisations de la variable aléatoire dont le comportement est essentiellement conditionné par la f. de d. En réalité, le hasard dont il est question dans l'expression, *c'est* la f. de d. de la popu-

lation. Et il faut que l'expérience soit organisée de telle sorte qu'il en soit ainsi.

Il n'est peut-être pas inutile d'insister sur le fait que le hasard est toujours une f. de d. C'est « par hasard » que le chiffre 6 apparaît trois fois au cours de treize jets d'un dé ; ce hasard, c'est la loi binomiale de probabilité (éventuellement de paramètre 1/6 si le dé est parfait). C'est « par hasard » qu'il y a 2 navires de quinze mille tonnes qui accostent le lundi entre 16 et 19 heures au quai n° 21 à Anvers ; ce hasard, c'est la loi de Poisson. De même, c'est la distribution de Poisson qui est le hasard des occurrences de pannes sur le réseau téléphonique de Bruxelles, ou des occurrences de files d'attente au guichet n° 5 de la Poste Centrale.

Contrôle des erreurs.

Chaque fois que la technique mathématique le permet, il faut fixer *avant* l'expérience les chances des deux erreurs inhérentes à la méthode statistico-inductive. Quelles sont ces erreurs.

Une hypothèse statistique, c.-à-d. une hypothèse relative au modèle, est vraie ou fausse. Si elle est fausse, cela signifie qu'une autre hypothèse, appelée alternative, est vraie.

Un test statistique est une règle de décision. Nous nous limiterons pour l'instant au cas où deux décisions seulement sont possibles : accepter ou rejeter l'hypothèse testée.

La première erreur est de rejeter l'hypothèse testée alors qu'elle est vraie. La deuxième erreur est d'accepter l'hypothèse testée alors qu'elle est fausse. Le contrôle de la première erreur fournit généralement la règle du test. Le contrôle de la deuxième erreur fournit généralement les effectifs des échantillons.

Le contrôle de la deuxième erreur, accepter à tort l'hypothèse testée, nécessite la connaissance des alternatives qui ont le plus de chance d'être vraies. Nous verrons tout à l'heure que la possibilité de contrôle de la deuxième erreur n'est pas le seul avantage à tirer de l'inventaire de toutes les hypothèses possibles.

La première erreur est souvent appelée erreur de première espèce ; sa probabilité s'appelle le niveau de signification du test. C'est, rappelons-le, la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse testée. La deuxième erreur est souvent appelée erreur de deuxième espèce ; sa probabilité est celle d'accepter à tort l'hypothèse testée.

Échantillonnage progressif.

Nous venons de dire que le contrôle à priori de la deuxième erreur conditionne les effectifs des échantillons. Les méthodes de ce type

sont dites à effectifs fixes. Il existe d'autres méthodes où les effectifs des échantillons ne sont pas fixés à l'avance quoique les erreurs de première et de deuxième espèces soient contrôlées.

Ces méthodes, à effectifs aléatoires, appelées aussi progressives ou séquentielles, permettent à risques égaux, de gagner sur les méthodes à effectifs fixes, environ 50 % des observations. L'expérience est fractionnée en étapes successives. A chaque étape, une observation est prélevée dans chaque population. Ces observations interviennent dans le calcul de la réalisation d'une variable aléatoire dont le comportement dicte la règle du test. De telle sorte qu'à chaque étape l'on puisse prendre, suivant la réalisation obtenue, l'une des trois décisions, faire une nouvelle observation dans chaque population, arrêter l'essai et accepter l'hypothèse testée, arrêter l'essai et rejeter l'hypothèse testée.

Ce processus est plus économique que les méthodes à effectifs fixes. Si le contrôle de la deuxième erreur impose, par exemple, 25 observations, il se peut que les dix premières soient telles qu'elles suffisent pour arriver à une décision, les 15 suivantes étant superflues. Les méthodes progressives permettent précisément d'éviter ce gaspillage.

Toutefois, il importe de souligner qu'en ce qui concerne le problème de la comparaison simultanée de plus de deux traitements, les méthodes progressives sont lentes. Les plus rapides nécessitent une analyse de variance à chaque étape. Cette lenteur est en contradiction avec l'objectif des méthodes progressives qui, dans le cas du contrôle de la fabrication, contrôle de la moyenne par exemple, sont suffisamment rapides pour être appliquées pendant la fabrication.

Problèmes d'homogénéité.

Nous pouvons aborder maintenant le problème de la comparaison simultanée de plus de deux traitements. Une remarque préliminaire d'ordre général s'impose. Nous supposons dorénavant que les traitements sont mutuellement indépendants.

Comparer trois traitements par exemple revient donc à comparer trois f. de. d. Ce problème se présente de diverses manières.

Tout d'abord, sous l'aspect d'un problème d'homogénéité. Premièrement, les traitements étudiés peuvent être en tous points identiques. Au lieu de trois traitements, il n'y en a qu'un seul, c-à-d. qu'il n'y a qu'une seule f. de d.

C'est ce que nous appelerons l'homogénéité absolue. C'est elle qui fait dans ce cas l'objet de l'hypothèse testée. On teste donc l'égalité des trois f. de d. Deuxièmement, il se peut que ce qui intéresse l'expérimentateur soit seulement un paramètre des distributions, la moyenne par exemple. Ou bien, il est possible que les traitements ne puissent pas avoir des f. de d. identiques mais que les valeurs moyennes

seules puissent coincider. On teste alors l'égalité des moyennes populations, c-à-d. l'homogénéité relative des traitements.

Le problème de l'homogénéité est généralement résolu par le test-F de Fisher-Snedecor. Cette méthode n'est applicable que si l'on suppose les f. de d. normales et homoscédastiques, c-à-d. d'égales variances. Ces hypothèses de travail ont pour conséquence que l'hypothèse testée exprime l'homogénéité absolue : l'hypothèse testée exprime seulement l'égalité des moyennes populations (homogénéité relative) ce qui, à cause des hypothèses de travail (normalité et homoscédasticité), entraîne l'homogénéité absolue.

L'homoscédasticité, c-à-d. l'égalité des variances populations, est la contrainte la plus draconienne qui limite l'application du test-F. Toutefois, on a montré récemment que si les effectifs des échantillons sont égaux, la méthode reste pratiquement applicable même dans les cas extrêmes où les variances populations diffèrent très fortement. Lorsque les effectifs des échantillons diffèrent et que l'homoscédasticité n'est pas garantie, une modification faisant intervenir dans la méthode l'hétérogénéité des variances échantillons permet de tester l'hypothèse d'homogénéité des populations relativement à leurs moyennes (voir [11]).

Enfin, dans le cas où les populations sont nettement non normales, il est encore possible de tester soit l'homogénéité absolue, soit l'homogénéité relative des f. de d. (voir [7] et [8]).

Lorsqu'on teste une hypothèse statistique, on a également en vue les alternatives possibles. Si l'on teste l'homogénéité absolue des f. de d. et si l'on est amené à rejeter cette hypothèse, c'est soit en faveur d'alternatives générales exprimant que les f. de d. ne sont pas toutes égales, sans préciser en aucune manière en quoi elles diffèrent, soit en faveur d'alternatives particulières exprimant que les f. de d. sont, par exemple, dans un ordre déterminé. Il est intuitivement justifié de croire qu'un test d'homogénéité contre les alternatives générales est moins efficace qu'un test d'homogénéité contre des alternatives particulières. Un test d'homogénéité contre les alternatives générales rejette moins facilement l'hypothèse testée qu'un test d'homogénéité contre des alternatives particulières, surtout si précisément c'est l'une des alternatives particulières qui est vraie. La conclusion pratique est évidente. Il n'importe pas seulement d'énoncer l'hypothèse à tester, il faut aussi faire l'inventaire des alternatives les plus probables. Il faut ensuite choisir un test de l'hypothèse testée qui, en cas de rejet, permette de considérer les alternatives les plus probables comme vraies. Considérons un exemple. Soient trois traitements A, B et C dont les f. de d. peuvent être supposées normales et homoscédastiques. L'hypothèse statistique que l'on teste est l'égalité des moyennes populations μ_A

μ_B et μ_C. Quoiqu'ayant la forme d'une hypothèse d'homogénéité relative, l'hypothèse testée exprime l'homogénéité absolue en vertu des hypothèses à priori de normalité et d'homoscédasticité. Les alternatives générales expriment sans préciser que les trois moyennes ne sont pas égales. La méthode traditionnelle basée sur la variable F de Fisher-Snedecor permet de réaliser le test d'homogénéité contre les alternatives générales. Mais, il est possible que l'expérimentateur sache à priori que si les moyennes diffèrent elles sont très probablement dans un certain ordre, par exemple, $\mu_A < \mu_B > \mu_C$. Il est avantageux, dans ce cas, d'utiliser un test adapté à cette circonstance, c-à-d. un test d'homogénéité contre les alternatives $\mu_A < \mu_B > \mu_C$. Ce test sera plus sensible aux écarts, par rapport à l'hypothèse testée, observés sur les échantillons (voir [1]).

Sélection du « meilleur » traitement.

Un autre aspect sous lequel se présente la comparaison simultanée de plus de deux traitements est le problème de la sélection du « meilleur » traitement. Encore faut-il définir le « meilleur » traitement.

Le meilleur traitement peut être celui dont la moyenne est la plus grande, indépendamment de tout autre paramètre population. Dans ce cas, seule la moyenne intéresse l'expérimentateur et un traitement est le meilleur pourvu que sa moyenne population soit la plus grande, quelle que soit la dispersion.

Par contre, une grande moyenne couplée à une grande variance peut faire perdre toutes ses qualités au traitement correspondant. C'est le cas, par exemple, d'une drogue fortifiante provoquant de forts accroissements de poids tant positifs que négatifs. Les accroissements négatifs constituent une mauvaise publicité et la firme de produits pharmaceutiques préfère sans doute mettre sur le marché un fortifiant dont la population correspondante a une moyenne moins élevée et une variance minimum.

Cet exemple illustre un autre problème de sélection : parmi plus de deux traitements, quel est celui dont la variance est la plus petite ? (voir [3]).

La sélection de la plus grande moyenne se fait aussi bien sous l'hypothèse d'un modèle traditionnel de f. de d. normales homoscédastiques que sous l'hypothèse moins restrictive de f. de d. quelconques.

Il ne faut pas être grand clerc pour deviner que, dans le cas de populations normales homoscédastiques, le problème de la sélection de la plus grande moyenne population est résolu par la règle suivante : sélectionner la population correspondant à la moyenne échantillon la plus élevée, pour autant que la « distance » entre cette moyenne et les autres soit suffisamment grande. En effet, il y a nécessairement une

moyenne échantillon supérieure à toutes les autres ; mais ce seul fait n'implique pas que la moyenne population correspondante soit la plus grande. La « distance » observée entre la plus grande moyenne échantillon et les autres peut être suffisamment petite pour n'être imputable qu'au caractère aléatoire du prélèvement de toutes les observations dans une seule et même population. Dans ce cas, sélectionner c'est commettre l'erreur de première espèce. D'autre part, la « distance » observée entre la plus grande moyenne échantillon et les autres peut être suffisamment grande pour être imputable au fait que les observations de l'échantillon correspondant à la plus grande moyenne ont été prélevées dans une population dont la moyenne est effectivement la plus grande. Ne pas sélectionner dans ce cas, c'est commettre l'erreur de deuxième espèce. On voit que la règle de sélection, suggérée ou approuvée par le simple bon sens, prend un aspect précis qui la classe parmi les méthodes statistico-inductives.

Comparaison a un témoin.

Un troisième aspect du problème qui nous occupe est celui de la comparaison simultanée de plus de deux traitements à un témoin. Considérons uniquement le cas de populations normales homoscédastiques. La comparaison ne porte donc que sur les moyennes populations. Le problème peut être, soit de sélectionner le traitement le meilleur relativement au témoin ou à défaut de sélectionner le témoin, soit de fournir les intervalles de confiance simultanés des différences entre les moyennes populations des traitements et celle du témoin (voir [6] et [10]).

Comparaison des traitements deux-a-deux.

Le problème de comparaison peut également consister en la comparaison des traitements deux-à-deux. Je me bornerai à rappeler que le choix des couples de traitements que l'on veut comparer au moyen du test de Student, par exemple, doit être fait *avant* l'expérience. Sinon, l'erreur de première espèce, rejeter à tort l'hypothèse testée, à une probabilité qui peut atteindre 90% (pour des effectifs et un nombre de traitements très limités (Voir [3] et [5]).

Séparation en deux groupes.

En agronomie, il arrive souvent que l'expérimentateur confronté avec un certain nombre de traitements ne souhaite que les partager en deux groupes, les « bons » et les « mauvais ». Dans le cas de populations normales homoscédastiques les « bons » constituent le groupe des « grandes » moyennes, les « mauvais » constituent le groupe des « petites » moyennes. L'erreur de première espèce consiste en la décision

qu'il y a deux groupes alors que toutes les moyennes sont égales. L'erreur de deuxième espèce peut être contrôlée dans le cas particulier où toutes les moyennes populations sont égales sauf une qui est supérieure aux autres. Dans ce cas l'erreur consiste en la décision que le groupe supérieur n'est pas constitué uniquement par la population de plus grande moyenne.

Test de contrastes.

Enfin, et nous terminerons par là cette revue partielle des différents aspects que peut prendre le problème de la comparaison simultanée de plus de deux traitements, il peut être intéressant de tester une hypothèse relative à un contraste.

On appelle contraste une combinaison linéaire des moyennes populations, la somme des coefficients étant nulle. Par exemple, la différence entre deux moyennes populations est un contraste ; les coefficients sont + 1 et — 1. Tester que ce contraste est nul, c'est tester l'égalité des deux moyennes populations.

On peut souhaiter tester par exemple l'hypothèse que la moyenne de deux traitements est égale à la moyenne de trois autres. Le contraste considéré dans ce cas est la demi somme des deux premières moyennes populations moins le tiers de la somme des trois autres. La somme des coefficients est bien nulle : 2 fois 1/2 moins 3 fois 1/3 et l'on teste l'hypothèse que le contraste est nul (voir [9]).

Conclusions

Je n'ai voulu au cours de cet exposé qu'énoncer des idées. C'est volontairement que je me suis abstenu de vous donner des recettes. On ne fait jamais de la bonne cuisine sans connaître bien la nature des constituants et des réactions qu'ils subissent et qu'ils provoquent. De même, on ne fait pas de la recherche scientifique sans une ligne de conduite, sans une méthode. La mode aujourd'hui est à la méthode statistico-inductive. Elle est justifiée par l'économie de ses moyens et son haut rendement, par les services que son application a rendus pendant la seconde Guerre Mondiale, par son efficacité dans l'industrie et par la rationalisation de la recherche expérimentale.

Rien n'empêche le chercheur d'adopter une autre méthode que l'inférence statistique, quoique de toute manière sa pensée doit appartenir au mode inductif. Ce qui me paraît infiniment regrettable et même définitivement stérilisant c'est l'absence de méthode. Mieux vaut une méthode moins efficiente que pas de méthode du tout. Car, sans règle de conduite, le chercheur menace d'errer inconsciemment, attentif seulement à des détails, à des anomalies dont la plupart ne sont que des événements aléatoires.

BIBLIOGRAPHIE

Nous n'avons réuni ici que les articles qu'un biologiste « averti » peut lire avec profit.

(1) Bartholomew, D. J. 1959. A test of homogeneity for ordered alternatives. *Biometrika*, pp. 36-38 et pp. 273-289.
(2) Bechhofer, A. E. and Sobel, M. 1954. A single-sample multiple-decision procedure for ranking variances of normal populations. *Annals of Mathematical Statistics*, pp. 273-289.
(3) Bechhofer, R. E. and Dunnett, C. W. and Sobel, M. 1954. A two sample multiple-decision procedure for ranking means of normal populations with a common unknown variance. *Biometrika*, pp. 170-176.
(4) De Munter, P. (1961). Méthodes statistiques pour la comparaison de plus de deux traitements. (Articles à paraître dans la *Revue belge de Statistique et de Recherche opérationelle*).
(5) Duncan, D. B. 1957. Multiple range tests for correlated and heteroscedastic means. *Biometrics*, pp. 164-175.
(6) Dunnett, C. W. 1955. A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. *Jour. Amer. Stat. Assoc.*, pp. 1096-1121.
(7) Jonckheere, A. R. 1954. A distribution-free k-sample test against ordered alternatives. *Biometrika*, pp. 133-145.
(8) Kruskal, W. H. and Wallis, W. A. Use of ranks in one-criterion. *Jour. Amer. Stat. Assoc.*, 1952, pp. 583-621, 1953. pp. 907-911.
(9) Scheffé, M. 1953. A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, pp. 87-104.
(10) Steel, R. G. D. 1959. A multiple comparison rank sum test : treatment versus control. *Biometrics*, pp. 560-572.
(11) Welch, B. L. 1951. On the comparison of several mean values : an alternative approach. *Biometrika*, pp. 330-336.

Résumé.

Les modèles mathématiques expliquent schématiquement les propriétés observées dans la nature.

L'écart (aléatoire) entre l'image (l'observation) et le modèle est mieux contrôlé et interprété lorsque le modèle est probabiliste ; il faut donc que l'investigation soit statistico-inductive (inférence statistique). Les concepts théoriques (du modèle) représentant les concepts images (de l'observation) sont la population-fonction de distribution (pour le traitement) et la variable aléatoire (pour la caractéristique observée). Après des considérations générales sur le hasard, l'échantillonnage et le contrôle des erreurs inhérentes à la méthode statistico-inductive, on cite des problèmes posés par la comparaison simultanée de plus de deux traitements : homogénéité totale et relative, sélection du « meilleur » traitement, comparaison à un témoin, comparaison des traitements deux-à-deux, séparation des traitements en deux groupes ; dans chaque cas les références sont indiquées.

Introduction to the notion of treatment, and to the problem of the simultaneous comparison of more than two treatments

Summary.

The mathematical models sketch out the properties observed in nature. The deviation (random) between the image (observation) and the model is better controlled and interpreted when the model is probabilistic ; therefore, investigation must be statistico-inductive (statistical inference). The theoretical concepts (of the model) representing the concepts images (of the observation) are the population-distribution function (for the treatment) and the random variable (for the characteristic observed). Following some general considerations about random, sampling and control of errors inherent to the statistico-inductive method, problems are placed about the simultaneous comparison of more than two treatments : total and relative homogeneity, selection of the « best » treatment, comparison with a control, comparison of treatments two-by-two, separation of treatments into two groups ; references are mentioned with every case.

Einführung zum Begriff der Behandlung und zum Problem des gleichzeitigen Vergleichs von mehr als zwei Behandlungen

Zusammenfassung

Die mathematischen Modelle erklären schematisch die in der Natur beobachteten Eigenschaften.

Die Abweichung (zufallig) zwischen dem Bild (Beobachtung) und dem Modell ist besser kontrolliert und ausgelegt, wenn das Modell wahrscheinlich ist ; es ist somit notwendig, dass die Forschung Einfluss-statistisch sei (statistischer Einfluss). Die theoretischen Begriffe (des Modells), die den Bildbegriff (der Beobachtung) wiedergeben sind die Bevölkerungs-Verteilungsfunktion (für die Behandlung) und die Zufallsvariable (für den beobachteten Karakter). Nach den allgemeinen Betrachtungen über den Zufall, Probeentnahme und die Fehlerkontrolle, die von der Einfluss-statistischen Methode herrühren, streift man die Probleme des gleichzeitigen Vergleichs von mehr als zwei Behandlungen : vollkommene und relative Einheitlichkeit, Wahl der besten Behandlung, Vergleich mit einem Zeugen, Vergleich von Behandlungen zwei zu zwei, Trennung der Behandlungen in zwei Gruppen ; für jeden Fall sind die Referenzen angegeben.

Quelques problèmes statistiques posés par l'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie

par Dr. P. Dagnelie

Maître de conférences à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Au cours de ces deux dernières années, j'ai consacré beaucoup de temps à l'*étude des possibilités d'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie*. Les résultats de mes recherches ont donné naissance à une thèse de doctorat, qui sera publiée par ailleurs dans sa forme presque intégrale (1). Je me propose de vous présenter aujourd'hui *certains aspects statistiques* de cette question.

Mais, avant d'entrer dans le vif du sujet, il est bon, je pense, que nous voyions ensemble pourquoi et comment l'analyse factorielle peut contribuer utilement à l'étude des communautés végétales.

*
* *

Le problème que j'envisage ici est celui de l'*analyse d'un tableau de relevés phytosociologiques*, c'est-à-dire un tableau statistique à double entrée qui réunit les données recueillies dans un certain nombre de stations en ce qui concerne la présence, l'absence et, éventuellement, la plus ou moins grande abondance des différentes espèces végétales. Dans un tel tableau phytosociologique, une ligne est généralement consacrée à chaque espèce rencontrée, et une colonne à chaque relevé effectué, c'est-à-dire aussi à chaque station visitée. Chacune des cellules du tableau comprend un ou plusieurs coefficients, qui caractérisent la place occupée par chaque espèce dans chaque relevé. Les phytosociologues de l'importante école de Zürich-Montpellier (école de Braun-Blanquet) utilisent notamment un coefficient qui indique à la fois l'abondance et la dominance des espèces, grâce à une échelle formée de quelques valeurs conventionnelles (0, +, 1, 2, 3, 4, 5).

Un tel tableau de relevés est très semblable à celui que l'on établit en réunissant les cotes obtenues par un certain nombre de personnes soumises à un certain nombre de tests psychologiques. On peut d'ail-

(1) Contribution à l'étude des communautés végétales par l'analyse factorielle. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.* (Montpellier), sér. B, 5 (1) 7-71 et 5 (2) 93-194, 1960.

leurs pousser plus loin l'*analogie entre la psychologie expérimentale et la phytosociologie*, en considérant que chaque espèce caractérise dans une certaine mesure les conditions écologiques de chaque station, tout comme chaque test psychologique caractérise dans une certaine mesure les aptitudes de chaque personne. En outre, on peut également définir en phytosociologie l'homologue des *matrices de corrélation entre tests* : ce seront des matrices de corrélation entre espèces ou, en d'autres termes, des *matrices de liaison interspécifique*. Enfin, de même que les psychologues déterminent parfois des *matrices de corrélation entre personnes*, les phytosociologues peuvent déterminer des matrices de corrélation entre relevés ou, mieux, des *matrices de similitude entre relevés*.

Or les méthodes de l'analyse factorielle ont précisément été élaborées pour analyser ces tableaux de cotes observées, par l'intermédiaire de ces matrices de corrélation entre tests ou entre personnes. Il est donc tout à fait logique d'appliquer les mêmes méthodes à l'étude du problème phytosociologique, dont je viens de montrer les analogies avec le problème psychologique correspondant.

Je tiens aussi à rappeler que le vocable « *analyse factorielle* » englobe en fait un certain nombre de techniques statistiques qui tendent toutes à interpréter un ensemble de variables observées (les tests ou l'importance des espèces), et cela de manière à justifier les relations existant entre ces variables par la mise en évidence d'un petit nombre de *variables fondamentales* ou *d'aptitudes fondamentales*, appelées *facteurs*. Dans ce but, on utilise un *modèle mathématique linéaire*, qui lie les variables observées aux variables fondamentales à l'aide de coefficients de pondération appelés *saturations*.

Dans le domaine phytosociologique, l'analyse factorielle permet d'aborder un *grand nombre de problèmes* particuliers, notamment : l'estimation du pouvoir différentiel des espèces, la formation de groupes d'espèces étroitement liées entre elles, l'établissement et la vérification d'une classification des relevés, l'étude de la structure de la végétation, ainsi que l'examen des relations entre la répartition des espèces et les « facteurs écologiques » déduits de l'analyse.

Mais, pour que les techniques factorielles puissent contribuer utilement à l'étude de ces problèmes phytosociologiques, il faut que certaines *questions d'ordre statistique* soient préalablement résolues. C'est à l'examen de ces dernières questions que je consacrerai l'essentiel de mon exposé.

*
* *

Les différents problèmes statistiques que nous envisagerons ici consistent en fait à établir ou à choisir, pour chaque étape de l'analyse

factorielle, une technique de calcul particulièrement adéquate. Dans chaque cas, j'ai le plus souvent comparé *différentes méthodes de calcul* en fonction notamment des résultats obtenus au cours d'un certain nombre d'*applications pratiques*. Généralement, *les données utilisées* lors de ces premières applications ont été extraites d'un ensemble de quatre-vingts relevés phytosociologiques que j'ai effectués il y a quelques années dans les hêtraies de l'Ardenne centrale, selon la méthode de Braun-Blanquet.

Le premier choix à réaliser est celui d'une *méthode de calcul des saturations*. La littérature psychologique montre que les techniques factorielles les plus utilisées sont dans l'ensemble la *méthode des facteurs principaux* et la *méthode centroïde*. La première est au point de vue théorique la meilleure, mais elle est particulièrement longue à utiliser ; la seconde, par contre, ne jouit pas des mêmes qualités théoriques, mais elle est d'un emploi beaucoup plus facile. En outre, cette deuxième méthode est souvent considérée comme une bonne approximation de la première.

C'est cette dernière affirmation que j'ai voulu vérifier pratiquement avant de choisir l'une ou l'autre de ces deux méthodes. Les quelques expériences que j'ai réalisées dans ce but confirment la *grande similitude des résultats* obtenus par la méthode des facteurs principaux et par la méthode centroïde. Cette conclusion plaide évidemment en faveur de la méthode la plus aisée : la méthode centroïde. Toutefois, avant de choisir cette dernière technique pour la suite de mes recherches, j'ai également envisagé l'emploi de *trois autres méthodes* d'analyse factorielle, à savoir : la méthode avéroïde, la méthode de Bargmann, et la méthode suggérée par Holzinger et Harman pour se rapprocher des facteurs principaux à l'aide d'une transformation orthogonale. Ces trois techniques semblent également moins intéressantes que la méthode centroïde.

La deuxième question à résoudre est le *choix d'un paramètre de corrélation*. En effet, bien que l'analyse factorielle ait été conçue initialement en fonction du coefficient de corrélation de Bravais-Pearson, il ne manque pas d'exemples d'utilisations d'autres paramètres de corrélation, tels que le coefficient de corrélation tétrachorique et le coefficient de corrélation de point. Et on peut se demander également dans quelle mesure il est possible d'employer en analyse factorielle les différents coefficients de liaison interspécifique ou de similitude entre relevés que les phytosociologues ont définis de leur côté.

Pour répondre à ces différentes questions, j'ai comparé entre eux *une dizaine de coefficients différents* parmi lesquels se trouvent notamment le coefficient de corrélation au sens strict, le coefficient de corrélation de point, le coefficient de corrélation tétrachorique et divers coefficients de liaison interspécifique. En ce qui concerne le *coefficient de*

corrélation stricto sensu, les calculs ont été effectués directement à partir du coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet, en substituant simplement la valeur 0,2 au symbole +. J'ai en effet pu montrer que l'échelle de Braun-Blanquet correspond très sensiblement à l'échelle que l'on obtient en appliquant la transformation arc sin $\sqrt{\ }$ au recouvrement des espèces exprimé en pour-cent.

Par contre, les *autres coefficients* que j'ai utilisés ne font pas intervenir d'une manière détaillée les différentes valeurs de l'abondance-dominance : en effet, ils ne tiennent compte normalement que de la présence ou de l'absence des différentes espèces dans les différents relevés. Toutefois, il est aussi possible de faire intervenir partiellement l'importance quantitative des espèces en opposant les relevés où une espèce donnée est abondante aux relevés où cette espèce est peu abondante ou absente. Ces deux manières de procéder ont été employées pour chacun des coefficients envisagés et, au total, une vingtaine d'analyses factorielles ont été réalisées.

Ces différentes analyses montrent tout d'abord l'existence de *relations étroites entre les premiers facteurs extraits*, quel que soit le paramètre de corrélation utilisé. Mais, en outre, pour différentes raisons sur lesquelles je n'ai pas le temps de m'étendre ici, le coefficient de corrélation au sens strict et le coefficient de corrélation de point semblent bien plus adéquats que tous les autres paramètres. Le choix de l'un ou de l'autre de ces deux paramètres dépendra dans chaque cas de *contingences pratiques et de contingences théoriques* : de contingences pratiques, parce que l'un est plus facile à calculer que l'autre ; de contingences théoriques, parce que l'un ne tient compte que de la composition qualitative des relevés (présence ou absence des espèces), alors que l'autre fait intervenir la composition quantitative des relevés.

Un autre choix qui doit intervenir au cours de l'analyse factorielle est celui d'un *test de signification*. L'absence de méthode tout à fait rigoureuse pour tester la signification des facteurs extraits est certainement une des principales faiblesses de l'analyse factorielle, mais l'expérience peut pallier dans une certaine mesure cet inconvénient, en montrant d'une manière empirique la supériorité de l'une ou l'autre méthode. C'est ce que j'ai voulu réaliser lorsque j'ai comparé entre eux les *principaux critères de signification*, en les appliquant tous aux mêmes matrices de corrélation.

J'ai considéré en fait le test chi-carré de Burt, basé sur les corrélations résiduelles éventuellement transformées, le test de l'erreur standard des résidus, le test de Mc Nemar, basé lui aussi sur les corrélations résiduelles, le test de l'erreur standard des saturations et, enfin, la méthode de Guilford et Lacey. Chacune de ces techniques a été appliquée à une quinzaine de matrices différentes, et les *résultats* que j'ai obtenus mon-

trent principalement la supériorité du test chi-carré de Burt et, dans une moindre mesure, la supériorité des méthodes basées sur l'erreur standard des résidus et des saturations.

Enfin, le dernier problème que j'envisagerai ici est relatif au *choix d'une méthode d'estimation des facteurs*. Ce problème se pose en fait d'une manière différente des précédents, en ce sens qu'il existe bien *peu de méthodes d'estimation des facteurs*, et que la principale, la méthode des moindres carrés, exige malheureusement de *longs calculs* : cette méthode nécessite en effet l'inversion de la matrice de corrélation, ce qui devient rapidement prohibitif lorsque le nombre de variables considérées est grand. Pour remplacer dans ce cas la méthode des moindres carrés, j'ai donc dû m'efforcer de trouver une autre façon de procéder.

En fait, le problème d'estimation des facteurs consiste en la détermination des cotes fondamentales x_i à l'aide d'une fonction linéaire des cotes observées réduites z_j :

$$x_i = b_{i1}z_1 + \ldots + b_{in}z_n = \sum_{j=1}^{n} b_{ij}z_j \qquad (i=1,\ldots, r).$$

Le *bon sens* montre que les coefficients de pondération b_{ij} doivent être étroitement liés aux saturations a_{ji} puisque celles-ci indiquent précisément dans quelle mesure chacun des tests est lié à chacune des aptitudes fondamentales. Je propose donc de choisir des *coefficients* b^o_{ij} *proportionnels aux saturations* elles-mêmes, et tels que, en outre, la somme de leurs carrés soit égale à 1. Les variables fondamentales sont alors théoriquement réduites et on a, pour chaque facteur :

$$b^o_{ij} = \frac{a_{ji}}{\sum_{j=1}^{n} a^2_{ji}} = \frac{a_{ji}}{\lambda_i} \qquad (j = 1, \ldots, n)$$

et

$$x^o_i = \sum_{j=1}^{n} b^o_{ij}z_j = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ji}z_j}{\sum_{j=1}^{n} a^2_{ji}} = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ji}z_j}{\lambda_i}.$$

La valeur de cette méthode de calcul des x_i est démontrée par l'existence d'un certain nombre de *propriétés théoriques et pratiques*. Pour exposer rapidement les propriétés théoriques, je vais introduire ici les notations du *calcul matriciel*.

En représentant les différentes matrices par des lettres majuscules, *l'équation de régression* s'écrit, pour N individus observés :

$$X_i = B_i Z_N ,$$

où X_i est le vecteur-ligne des cotes du facteur x_i, à N composantes, B_i est le vecteur-ligne des coefficients de régression b_{ij}, à n composantes,

et Z_N est la matrice des cotes observées réduites z_{jp}, d'ordre n $\times$ N.

La *méthode des moindres carrés* donne :

$$B_i R_1 = A_i' \quad \text{ou} \quad B_i = A_i' R_1^{-1} ,$$

c'est-à-dire aussi

$$X_i = A_i' R_1^{-1} Z_N ,$$

où R_1 est la matrice de corrélation, d'ordre n $\times$ n, et A_i est le vecteur-colonne des saturations du facteur x_i, à n composantes, le signe ' représentant la transposée d'une matrice. On voit ainsi apparaître immédiatement la matrice inverse R_1^{-1}, dont j'ai dit en commençant qu'elle peut être fort longue à calculer.

Enfin, la *nouvelle méthode d'estimation* que j'ai introduite se présente comme suit :

$$X_i^o = B_i^o Z_N = \frac{A_i' Z_N}{\lambda_i} ,$$

où

$$\lambda_i = A_i' A_i .$$

Je donnerai à titre d'exemple la démonstration d'une seule *propriété théorique*, et j'en énoncerai deux autres. Si on considère l'analyse de la matrice de corrélation R_1 par la méthode des axes principaux ou des composantes principales, λ_i est une valeur propre de R_1 et A_i est le vecteur propre correspondant, de telle sorte que :

$$A_i' (R_1 - \lambda_i I) = O$$

ou

$$A_i' R_1 = \lambda_i A_i' .$$

En post-multipliant par R_1^{-1}, cette expression devient :

$$A_i' = \lambda_i A_i' R_1^{-1} ,$$

d'où, encore :

$$B_i^o = \frac{A_i'}{\lambda_i} = A_i' R_1^{-1} = B_i .$$

Ceci montre que, dans le cas envisagé, la méthode que je propose est *équivalente à la méthode des moindres carrés.*

D'autre part, on peut démontrer que la *covariance des cotes fondamentales* obtenues par les deux méthodes est identiquement égale à 1 :

$$\frac{1}{N} X_i^o X_i' = 1 .$$

Et, enfin, la *variance* des cotes estimées par la nouvelle méthode est supérieure ou égale à un, l'unité étant atteinte seulement lorsque les deux méthodes se confondent :

$$\frac{1}{N} X_i^o X_i^{o'} \geqslant 1 .$$

La *valeur pratique* de cette nouvelle méthode d'estimation des facteurs apparaît mieux encore en comparant les résultats numériques qu'elle donne à ceux que l'on obtient, pour les mêmes valeurs initiales, par la méthode des moindres carrés. Pour faciliter cette comparaison, j'ai notamment calculé dans quelques cas particuliers la corrélation existant entre les résultats obtenus des deux façons. Pour *six essais*, relatifs chacun à 80 individus, le coefficient de corrélation le moins élevé est égal à 0,94, les valeurs observées étant égales à 0,98 et 0,99 dans les cinq autres cas. Ces chiffres montrent que les deux méthodes donnent des résultats très voisins, même lorsque l'on s'écarte des conditions dans lesquelles elles sont identiques.

*
* *

Je terminerai ici cet exposé, en soulignant que l'intérêt des questions que j'ai considérées ici réside surtout dans les applications qu'elles permettent de réaliser. Si j'ai été amené à résoudre ces problèmes, c'est en effet pour pouvoir, ensuite, utiliser les techniques factorielles en phytosociologie et, aussi, en écologie. Malheureusement, le temps dont je dispose aujourd'hui ne me permet pas d'aborder ce second aspect de mes recherches.

Résumé.

L'analyse factorielle peut utilement être introduite dans l'étude des communautés végétales pour autant que certains problèmes statistiques soient préalablement résolus. Les principaux problèmes à considérer sont : le choix d'une méthode de calcul des saturations, le choix d'un paramètre de corrélation, le choix d'un test de signification et le choix d'une méthode d'estimation des facteurs.

Sur la base de nombreux exemples, différentes solutions sont proposées à ces quatre problèmes, et une nouvelle méthode d'estimation des facteurs est introduite, donnant des résultats équivalents à ceux obtenus par la méthode des moindres carrés, tout en étant d'un usage plus rapide.

Some statistical problems set by the use of factor analysis in phytosociology

Summary.

Factor analysis may usefully be introduced in the study of vegetation communities, as far as certain statistical problems are previously solved. The main problems to be considered are : choice of a method for computing

the loadings, choice of a correlation parameter, choice of a test of significance and choice of a method of estimation of factors.

On the basis of numerous examples, different solutions are proposed for these four problems, and a new method of estimation of factors is introduced, which gives results equivalent to those obtained by the least squares method but is faster to use.

Einige durch Verwendung der Faktorenanalyse in der Pflanzensoziologie gestellten Probleme

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Faktorenanalyse kann zweckmässig in das Studium der Pflanzengemeinschaften eingeführt werden, insofern gewisse statistische Probleme vorher gelöst werden. Die wichtigsten, zu betrachtenden Probleme sind folgende : die Wahl einer Rechnenmethode der Faktorgewichte ; die Wahl eines Korrelationsparameters ; die Wahl eines Signifikanztestes ; die Wahl einer Schätzungsmethode der Faktoren.

Auf grund zahlreicher Beispiele werden für diese vier Probleme verschiedene Lösungen vorgeschlagen und eine neue Schätzungsmethode der Faktoren wird eingeführt.

COLLOQUE SUR LE PROBLÈME DES PETITES EXPLOITATIONS AGRICOLES

ORGANISÉ EN COLLABORATION AVEC LA SOCIÉTÉ NATIONALE DE LA PETITE PROPRIÉTÉ TERRIENNE

Gembloux, 28 juillet 1960

PRÉSIDENT DU COMITÉ ORGANISATEUR :

Professeur M. Hespel

Institut agronomique, Gembloux

SECRÉTAIRE :

Professeur A. Parmentier

Institut agronomique, Gembloux

Développement et problèmes de la propriété paysanne en Italie

par M. Bandini

Professeur d'économie agraire à l'Université de Pérouse (Italie)
Président du Conseil supérieur de l'Agriculture d'Italie
Conseiller économique à la Commission de la Communauté économique européenne

L'agriculture italienne est l'une des plus diversifiées du monde entier. Il suffit de penser que tandis qu'on y trouve d'une part, des situations économiques et agraires très proches de celles des massifs alpins de l'Europe centrale et d'autre part, la grande vallée du Pô à caractère typiquement continental (et qui n'a rien de méditerranéen), d'autres territoires tels que ceux de l'extrémité sud de la Calabre et de la Sicile ont des caractères climatiques et naturels, très proches de ceux de l'Afrique du Nord. A part cela, il existe un grand nombre de régions de transition telles que les collines intérieures de la Toscane qui ne pourraient en aucune façon être méditerranéennes et qui rappellent plutôt certaines formations de la France centrale. A de telles diversités de structures et de caractères naturels, correspondent des diversités encore plus grandes dans le domaine des types d'entreprises agricoles, des structures productives, des types d'implantation des populations rurales, des caractères même des paysans et des entreprises agricoles.

Les données statistiques fondamentales (que nous arrondissons étant donné que certains changements sont en cours) nous donnent la vision que voici. La superficie productive occupée par les différents types d'exploitations apparaît ainsi :

— Exploitations familiales gérées par exploitants propriétaires (faire-valoir direct)	40 %
— Exploitations familiales conduites par exploitants fermiers (faire-valoir indirect)	15 %
— Exploitations capitalistes subdivisées en exploitations familiales conduites par des métayers	20 %
— Exploitations capitalistes grandes ou moyennes conduites en majorité par fermiers, à main-d'œuvre salariée, en partie avec contrat annuel et en partie avec contrat journalier.	20 %
— Systèmes mixtes et de transition	5 %

Il y a 50 ans, cette subdivision était très différente. Les exploitations avec terres en propriété ou en bail ne dépassaient pas 30 % de la superficie productive, tandis que les grandes et moyennes exploitations avec

salariés y approchaient les 50 %. Nous voyons donc que le nombre des travailleurs salariés s'est fortement réduit pendant ce siècle, tandis qu'augmentait parallèlement la superficie couverte par les exploitations familiales. Le métayage est légèrement moins diffusé par rapport aux conditions du début du siècle, spécialement dans les zones marginales du grand territoire de l'Italie centrale où le métayage est concentré. Mais sa transformation a été en général très lente.

Les types d'entreprises agricoles que nous venons de prendre en considération se situent d'une façon relativement nette dans les divers territoires italiens.

Circonscriptions économico-agraires	Surface productive Ha.	Petite Propriété paysanne %	Petits fermiers %	Métayage sur terrains		Entreprises avec salariés et participant %
				lotis %	non lotis %	
1. Montagne alpine	3.636.381	45,9	19,8	1,3	0,6	32,4
2. Territoire à entreprises familiales	3.989.282	52,4	20,7	15,8	1,6	9,5
3. Territoires à agriculture capitaliste intensive	1.363.943	19,2	31,7	6,0	0,7	42,4
4. Basse plaine du Pô de bonification récente	836.599	19,7	24,7	24,7	0,6	33,0
I. Italie du nord	9.836.205	42,6	22,0	9,8	1,0	24,6
5. Territoire à métayages	4.808.712	21,5	3,3	53,8	1,4	20,0
6. Territoires à agriculture capitaliste extensive	1.592.721	30,4	21,2	9,5	4,7	34,2
7. Territoires à agriculture mixte paysanne	3.196.088	44,6	16,0	6,2	5,4	27,8
8. Territoires de latifundium	1.224.017	38,2	23,5	2,7	6,2	29,4
9. Territoire à agriculture intensive	2.284.814	38,4	19,2	4,3	15,0	23,1
II. Italie centrale et Méridionale	13.106.352	32,7	13,2	23,5	5,7	25,0
10. Sicile	2.437.839	33,0	19,1	2,2	27,5	18,2
a) Zone de latifundia	1.399.443	32,0	19,2	2,7	31,9	14,2
b) Zone d'agriculture intensive	1.038.396	34,3	19,0	1,6	21,4	23,7
11.Sardaigne	2.318.740	36,4	27,6	2,7	8,8	24,5
a) Zone d'agriculture paysanne mixte	729.250	40,6	26,5	6,2	19,7	7,0
b) Zone de latifundia	1.589.490	34,5	28,1	1,0	3,8	32,6
III. Italie insulaire	4.756.579	34,6	23,3	2,4	18,4	21,3
Italie	27.689.136	36,6	18,0	15,0	6,2	24,2

Pour mieux comprendre ce tableau, il convient d'expliquer qu'il se réfère au total de la superficie productive, y compris les bois et les pâturages. Ce tableau nous explique la grande diffusion des exploitations avec salariés ; de plus, dans certains territoires de l'Italie centrale au contraire, le caractère agricole dominant est représenté par le métayage. Le fait est que les forêts sont considérées comme des exploitations gérées par des salariés. Il faut tenir compte en outre que le métayage sur territoire non loti comprend presque tous les contrats de participation au produit qui se font sur les morceaux épars des terres de l'Italie du Sud (que nous appelons « spezzoni »). Ces contrats ne doivent pas se confondre avec le métayage classique (qui s'effectue sur des terrains lotis) et qui est surtout concentré dans l'Italie centrale.

Les données que nous venons d'examiner sont un peu différentes de celles du tableau en ce qui concerne les changements effectués dans ces dernières années et consistent principalement en une augmentation ultérieure de la propriété paysanne et une diminution ultérieure de l'exploitation avec salariés. Par contre, le métayage, considéré suivant les données précédentes (20 %), comprend aussi les territoires non lotis où il est en voie de réduction.

Les exploitations avec terres en propriété constituent la règle dans les régions de montagne, dans les collines viticoles du Piémont, de la Lombardie et du Veneto et même dans une grande partie de l'Emilie. Par contre, elles sont moins diffusées dans l'Italie du centre où, comme nous venons de le dire, domine surtout le système du métayage.

Si nous descendons vers le Sud et les Iles, nous retrouvons encore des formes très développées de propriété paysanne, mais — et il s'agit ici d'un point qu'il importe de considérer — elles présentent des caractères tout à fait différents de celles de l'Italie du Nord dont nous venons de parler.

Les petites propriétés paysannes du sud sont principalement constituées par des parcelles très souvent insuffisantes au plein emploi de la main-d'œuvre et à un revenu satisfaisant pour la famille. Dans le nord au contraire, nous nous trouvons presque toujours en présence d'exploitations complètes d'où la famille tire les ressources nécessaires à sa vie et où la main-d'œuvre trouve presque son plein emploi. Dans le sud cependant, d'autres formes d'activités rémunératrices sont absolument nécessaires. Les petites propriétés insuffisantes se trouvent généralement dans la banlieue des grands villages ruraux qui caractérisent la colonisation du sud. Plus éloignés des villages, s'étendent les grands complexes de latifundia constitués par de grandes propriétés. Ces propriétés ne donnent pas lieu néanmoins à une exploitation agricole rationnelle, mais sont subdivisées en petites parcelles louées aux paysans des villages. Nous nous trouvons donc en présence d'un système

complexe qui parfois se complique encore du fait que ces paysans exécutent aussi des travaux comme salariés sur une partie des territoires de latifundia, ce travail salarié se réduisant pratiquement à trente à quarante jours d'activité pour la récolte du blé.

Comme nous le voyons, il s'agit ici d'un cadre particulièrement complexe de l'exploitation paysanne.

Les entreprises moyennes avec salariés sont particulièrement concentrées dans la vallée du Pô. Elles revêtent des caractères tout à fait différents de ceux des entreprises méridionales. Au contraire, ces territoires présentent, surtout en Lombardie et dans les zones à irrigation développée, un des plus hauts niveaux techniques de l'agriculture mondiale.

Les autres formes de conduite des entreprises conservent un restant de caractère patronal, seigneurial, et sont constituées par des propriétés parfois très vastes. Toutefois, deux types bien distincts sont à noter. Dans le sud, les latifundia dont nous venons de parler et où prédomine la production du blé tandis que le bétail en est presque absent, et dans l'Italie centrale, le système du métayage où les cultures sont, au contraire, beaucoup plus soignées, l'agriculture très intensive et variée. Vin, blé, produits animaux et huile d'olive constituent les quatre principales productions de ce territoire, auxquelles nous pouvons aujourd'hui ajouter le tabac, la betterave à sucre, les tomates, etc...

Ces types agricoles déterminent la localisation de plusieurs autres phénomènes économico-agricoles. Nous n'avons pas la possibilité d'illustrer ici suffisamment toutes les caractéristiques économiques de l'agriculture italienne, mais nous nous référerons à des types fondamentaux, en complément des brèves indications données ci-dessus.

L'élevage se concentre naturellement dans l'Italie du nord. Sur 9 millions de têtes de bétail que possède l'Italie, environ 6 millions se trouvent dans l'Italie du Nord, 1,5 million dans l'Italie centrale et 1,5 million dans le sud. Les mêmes proportions se retrouvent pour l'élevage porcin et de la volaille. L'élevage des moutons par contre est condensé dans l'Italie du sud, du fait également de la transhumance qui déplace périodiquement les troupeaux des montagnes de l'Italie du centre dans les pâturages d'hiver de la campagne romaine et sur le plateau des Pouilles.

Le Sud présente, près des latifundia dont nous venons de parler, des cultures exceptionnellement riches, mais concentrées et limitées dans les zones où l'irrigation est possible. Les cultures horticoles et fruiticoles et celle des agrumes dans les plaines de Naples ou de Salerne, de la côte de la Sicile ou du littoral de la Pouille représentent de très hauts niveaux de production intensive et sont souvent exercées par des exploitants propriétaires ou des agriculteurs moyens. L'irrigation pré-

sente ici un caractère d'oasis, sur le type de celle d'Afrique du Nord. Ces cultures intensives ont une très haute valeur productive, même lorsqu'elles n'occupent qu'un dixième ou un huitième du territoire. Dans les autres zones, les territoires de latifundia sont très souvent améliorés par la culture de l'olivier qui représente déjà, par rapport à la forme d'oliviculture qui existait dans le passé, un premier échelon d'amélioration technique et productive.

Il convenait de tracer ce cadre général de l'agriculture italienne afin de pouvoir mieux comprendre les caractères et vicissitudes de l'exploitation familiale paysanne.

Comme nous l'avons dit, en Italie, on remarque un phénomène croissant de développement de la propriété paysanne. Ce phénomène ne s'est pas vérifié uniformément dans le temps. Pendant certaines périodes, ledit phénomène s'est accentué fortement, il y a eu des périodes de stagnation et même quelquefois des périodes de régression de ce phénomène, comme durant la période de la grande crise agricole de 1929-1933.

La propriété paysanne de la terre est d'origine très ancienne, dans les Alpes et quelques régions des Apennins et résulte de la division au cours d'époques éloignées, des grandes propriétés de montagne. Ceci vaut aussi pour des propriétés paysannes existant dans les zones de collines à production viticole du Piémont ou de la Ligurie et qui sont également d'origine très ancienne.

Certaines formations de propriétés paysannes de l'Italie du Sud sont également très anciennes. Ici aussi apparaît clairement l'existence d'une communauté primitive de villages avec grandes disponibilités de terres publiques qui, dans la suite, vers 1600 ou 1700, ont donné lieu à la formation de ces propriétés parcellaires et insuffisantes dont nous venons de parler.

La législation napoléonienne de l'Italie du sud, abolissant la féodalité et le « régime des barons » ne réalisa point les buts qu'elle s'était fixée, c'est-à-dire de détruire un système agricole concentré, mais au contraire, consolida dans un certain sens en propriété absolue ce que les barons possédaient à titre d'investiture féodale. Ceci donna lieu à une importante augmentation numérique des propriétés paysannes représentées en majeure partie par ces petits morceaux de terre insuffisants à la famille et que l'on rencontre encore aujourd'hui. L'anormalité de la structure foncière de l'Italie méridionale caractérisée par ces deux extrêmes : la très petite propriété paysanne et la très grande propriété des latifundia (plus un nombre très bas de propriétés et exploitations agricoles de dimensions moyennes) est en partie causée par la législation napoléonienne qui pourtant se proposait des buts tout à fait différents.

Dans les périodes suivantes, la propriété paysanne s'est développée surtout suite aux phénomènes de migration qui se sont manifestés le plus fortement au cours de la dernière décennie du siècle dernier et de la première décennie de notre siècle. Presque tous les émigrants agricoles retrouvèrent leur lieu d'origine après dix ou vingt ans de dur travail et achetèrent des terres dans leur propre région, contribuant à améliorer les conditions de l'agriculture.

La guerre de 1914-18 détermina un nouveau mouvement de croissance de l'exploitation familiale. Les gains et l'épargne des paysans et la crainte que certains propriétaires éprouvaient dans l'immédiat après-guerre quant au sort des propriétés et surtout le grand phénomène de la hausse des prix agricoles dans la période d'inflation monétaire de la période 1922-27, suscitèrent de très importantes acquisitions de terres de la part des paysans. Une enquête expressément exécutée par l'Institut national d'économie agraire estima à près d'un million d'hectares les terrains dont la propriété fut acquise par les paysans.

Des phénomènes de développement plus rapide sont apparus toutefois dans les dernières dix années après la deuxième guerre mondiale, au cours de laquelle la propriété paysanne s'est développée très favorablement en Italie. Le mouvement naturel fut accompagné par une forme plus nette d'intervention législative et politique. Pendant la période d'entre les deux guerres, la politique agricole italienne ne fut pas favorable au développement de la propriété terrienne. L'axe principal de la politique foncière était la loi sur la bonification intégrale, toujours en vigueur actuellement, et qui a reçu sa formulation définitive en 1933.

Le but de cette loi était de promouvoir, moyennant l'action directe de subventions aux agriculteurs, le développement de meilleures conditions de production. Il s'agit donc de travaux de drainage et de défrichage des terres, contributions pour l'amélioration de chacune des entreprises agricoles ou similaires. Mais la loi ne se proposait pas (au contraire, elle envisageait avec une certaine méfiance) le développement de la propriété terrienne. Après la deuxième guerre mondiale, l'orientation de la politique agricole italienne changea nettement et le développement de la propriété terrienne, de même que sa consolidation sur les territoires où elle s'est développée, apparaîssent comme les buts essentiels de cette politique.

Nous rappelons avant tout l'action de la Caisse pour la propriété paysanne, instituée dans le but d'acquérir des propriétés moyennes et grandes, lorsque les paysans installés sur celles-ci seraient désireux d'acheter ces terres y installant des propriétés de type familial. L'État, par cette loi et par l'action de ladite Caisse, offre de nombreuses facilités financières : intérêts très bas et payements à long terme. Environ 1.200.000 hectares sont ainsi devenus propriété des paysans. Observons

qu'il ne s'agit pas toujours d'achats de lotissements rentables, mais très souvent d'achats de lotissements qui ont pour but l'intégration de propriétés déjà existantes, insuffisantes pour la vie et le travail de la famille. Mais l'action la plus décisive accomplie par l'Italie dans le champ du développement de nouvelles propriétés paysannes sur les terres caractérisées par une agriculture primitive et par les latifundia, est la réforme foncière et la colonisation.

Il n'est pas aisé de résumer en deux mots la grandeur et le caractère de cette œuvre.

Rappelons seulement que la loi de 1950 a décidé l'expropriation des grandes propriétés situées sur certains territoires caractérisées par les latifundia et par une agriculture non rationnelle, en proportion croissante avec l'augmentation de la grandeur économique de la propriété même. L'application automatique des expropriations en fonction du revenu cadastral et aussi de l'extension agraire a déterminé une expropriation totale d'environ 800.000 hectares. Ces terres ont été confiées, pour la valorisation et l'exécution de tous les travaux nécessaires et pour la formation de la petite propriété terrienne, à 9 organismes différents, selon le schéma suivant :

Delta Padano	Ha.	44.551
Maremma	»	182.691
Fucino	»	16.177
Campania	»	16.388
Puglia	»	199.838
Sila	»	86.008
Flumendosa	»	4.570
Sardegna	»	101.222
	Ha.	651.396

Il faut ajouter à celles-ci les superficies expropriées de la Sicile où une loi spéciale ne permet pas encore parfaitement l'évaluation des surfaces expropriées. En général, on peut dire que nous ne sommes pas loin des 800.000 hectares mentionnés ci-dessus.

Nous rappelons certains critères qui ont été suivis par les assignations et la constitution d'unités familiales de gestion agricole. Les terres dont disposaient les Organismes précités ont été utilisées pour la formation : 1°) d'exploitations de dimensions idoines à la vie et au travail de la famille paysanne ; 2°) d'exploitations de dimensions plus réduites et parfois insuffisantes en soi pour la constitution d'une exploitation viable.

Les exploitations sont de grandeur moyenne, différant selon la fertilité naturelle du terrain et le degré d'intensification productive prévu,

celui-ci compris en se référant particulièrement aux plantations d'arbres et à l'irrigation.

Nous remarquons les données orientatives suivantes :

	Superficie des exploitations (en ha.)		
	moyenne	*maximum*	*minimum*
Delta Padano	6,5	8	4
Maremma	15,3	30	6
Campania	7,1	10	5
Puglia	8,4	8	4
Sila	5,5	8	4
Sardegna	8	10	4

Les exploitations de dimensions plus réduites, appelées en italien « quotités » (quote) représentent des parcelles d'intégration de terres qui ont généralement été assignées aux propriétés paysannes insuffisantes, dans le but de les rendre autonomes. En résumé, nous pouvons retenir qu'environ 3/4 des terres expropriées (600.000 ha), ont été destinées à la formation d'exploitations types et le reste en exploitations plus réduites ou « quotités ». Les terres expropriées nécessitaient beaucoup de travail de voirie, des bâtiments, des centres ruraux, des travaux de défrichage et d'irrigation et des plantations d'arbres. Les nouvelles exploitations avaient en outre besoin de bétail, de machines et d'approvisionnement en général. Parmi les travaux les plus importants, nous rappellerons la construction de 35.000 maisons pour paysans, de 5.600 km de voirie, de 484.000 ha défrichés, de 58.000 ha de plantations, de 24.000 ha d'irrigation et aussi la formation de 79 centres ruraux et de 227 centres de services, chacun d'eux comprenant école, église, bureaux, centres de coopération etc. ; 4.800 tracteurs et 92.000 têtes de bétail ont déjà été fournis en surplus de ceux existant. Les exploitations nouvellement constituées ont complètement changé l'aspect agricole de plusieurs territoires, déterminant aussi, par des impulsions économiques ultérieures, le développement d'une importante série d'autres activités artisanales, industrielles, commerciales, etc. Certaines terres où la concentration des investissements et de la colonisation est plus grande ont montré et offrent encore actuellement, une étonnante production. Sur les terrains expropriés, la valeur de la production agricole par hectare est passée de 45.000 lires en 1950-52 à 155.000 en 1958 avec possibilité d'amélioration ultérieure.

Pour rendre plus vivantes encore les propriétés paysannes ainsi constituées, des coopératives entre exploitants ont été créées dans le but d'utiliser collectivement les moyens de production (surtout les machines que chaque exploitant n'aurait pu économiquement utiliser)

avec le but de vendre, collectivement aussi, beaucoup de produits de l'exploitation agricole et de transformer, collectivement toujours, certains produits de base au moyen de caves et fromageries communes. 642 coopératives ont été ainsi constituées jusqu'aujourd'hui.

L'œuvre de réforme a par conséquent créé environ 42.000 nouvelles familles autonomes et agrandi la propriété de 62.000 autres entreprises, réalisant ainsi un complexe de 104.000 familles, constituées autrefois par des ouvriers journaliers dépourvus de la certitude d'une source de vie et de travail, disposant maintenant d'entreprises équilibrées et harmonieuses.

Examinons à présent les caractères de la petite propriété paysanne en Italie. Du point de vue de l'efficacité de l'entreprise, on se trouve en présence de différentes situations. D'une façon générale, dans le Nord et le Centre, la petite propriété paysanne est bien solide et constitue parfois l'expression du plus haut niveau de la technique agricole. L'intensité productive est forte, surtout dans les zones de vignobles, dans les zones maraîchères, fruitières, etc. Dans le nord du pays, un mouvement coopératif puissant solidifie encore la situation de la ferme paysanne. Les principales coopératives concernent la production du vin, du lait, la transformation du lait, la récolte, conservation et vente de fruits.

Les phénomènes de pulvérisation et de fragmentation de la terre sont très marqués dans certains endroits. Il faut considérer cependant qu'ils sont le plus souvent le résultat d'une situation générale et ne peuvent être jugés en eux-mêmes. L'extrême division du sol dépend presque toujours de l'excès de population agricole dans un territoire donné et du développement insuffisant d'activités complémentaires (artisanat, industrie).

La fragmentation foncière qui est un phénomène différent et qui se retrouve aussi quelquefois dans les fermes moyennes est, dans bien des cas, une conséquence logique de l'intégration des différents types de terrain. Il existe pourtant aussi des manifestations pathologiques que l'on cherche maintenant à identifier et à éliminer. Nous avons néanmoins l'impression que le phénomène d'extrême division ou de fragmentation de la terre ne suffit pas à créer ce danger que beaucoup croient devoir dénoncer en partant d'une connaissance superficielle des caractéristiques économiques de l'agriculture.

De nombreuses tendances récentes conduisent à une amélioration de la situation. Avant tout, on peut observer la forte amélioration des moyens de transport, routes, systèmes de communication, qui a presque éliminé certains phénomènes autrefois très répandus d'autoconsommation. Aussi les petites fermes agricoles produisent-elles maintenant pour le marché, en s'organisant toujours mieux dans ce but.

Le second phénomène de très grande importance est la diminution progressive de la population agricole, soit en mesure relative, soit en mesure absolue. En 1936, le recensement avait évalué la population active agricole à 49 % de la population active totale. Au recensement de 1951, ce pourcentage était déjà tombé à 41 % et aujourd'hui, on estime qu'il ne s'élève plus qu'à 32 %, mais il est probable que par suite du développement industriel rapide qui a caractérisé l'année 1959, ce pourcentage soit même descendu jusqu'à 30 %. On observe aussi une diminution absolue du nombre de travailleurs agricoles.

Les nouvelles caractéristiques démographiques rendent maintenant plus aisée la solution des problèmes de la subdivision excessive de la petite propriété terrienne et la création de petites fermes paysannes plus rationnelles et efficaces.

Grâce à l'intensification poussée dans les territoires les plus favorisés, l'Italie ne souffre plus du manque de terres qui la caractérisait il y a trente ans. Les grands projets d'irrigation en grande partie réalisés et toujours en cours d'accomplissement, détermineront une physionomie agricole différente, surtout dans les plaines de l'Italie du Sud.

L'action de la « Caisse pour le Midi » a permis la création de nombreuses infrastructures déterminant des conditions bien plus favorables pour le développement agricole.

On procède actuellement à une coordination de toute la législation agricole, par une série d'interventions qui ont reçu l'appellation traditionnelle de « Plan Vert ». Le Plan Vert italien qui a été présenté au Parlement au mois de janvier dernier et qui est maintenant en cours de discussion, coordonne selon une vision d'ensemble, toutes les aides de l'État pour les investissements agricoles.

Ce Plan prévoit une charge de l'État de 110 milliards de lires par an, pour une période de 5 ans. Il est prévu que cette période de 5 ans pourra être portée à 10 ans et que ce plan pourrait même devenir perpétuel.

Le Plan Vert est orienté nettement vers l'amélioration des conditions de la petite propriété paysanne, soit par des crédits, soit par des contributions à l'amélioration agricole, pour l'achat du bétail et de machines, pour l'irrigation, etc.

Résumé.

Actuellement, l'agriculture italienne comprend les types suivants d'exploitations :

— entreprises familiales en propriété	40 %
— entreprises familiales en location	15 %
— système du métayage	20 %
— moyennes ou grandes entreprises	20 %
— systèmes mixtes	5 %

Cette répartition a varié dans le temps et la tendance réside dans le développement sensible de l'entreprise familiale.

Comme les productions réalisées, le type d'exploitation est lié à la région. Au cours des dernières années, le caractère familial des exploitations agricoles s'est accentué en Italie pour différentes raisons. En certains endroits, le phénomène de pulvérisation et fragmentation des terres est fort marqué et résulte de l'excès de population agricole et de l'insuffisance du développement des activités complémentaires.

La situation économique des exploitations est variable selon les régions. Grâce aux efforts réalisés (amélioration de l'infrastructure, développement industriel, bonification foncière, intensification de la production, réforme foncière dans l'Italie centrale et du sud, développement du crédit, octroi de subventions, etc.), on assiste à une amélioration des conditions de la petite propriété paysanne.

Development and problems of peasant propertyholding in Italy

Summary.

At present, Italian agriculture is composed of the following types of holdings :

— Family farming (landowners)	40 per cent
— Family farming (leaseholders)	15 per cent
— Share-cropper system	20 per cent
— Middle-sized and large holdings	20 per cent
— Mixed systems	5 per cent

The situation has varied in course of time, with a tendency to a marked development of family holdings.

As it is the case for crops and products, the type of holding is bound to the land.

During the last years, family farming has been on the increase in Italy, for various reasons.

In some places, the parcelling out and division of the land prevail in consequence of a too numerous agricultural population and an insufficient development of complementary activities. The economic situation of the holdings varies in the different districts.

Thanks to a number of important measures (improvement of basis structure, industrial development, land reclamation, intensification of production, land reform in central and southern Italy, development of credit, granting of subsidies, etc.), the condition of the small peasant property-holdings is improving.

Entwicklung und Probleme des bäuerlichen Besitztums in Italien

ZUSAMMENFASSUNG.

Zur Zeit weist die italienische Landwirtschaft folgende Betriebsverteilung auf :

— Familienbetriebe im Eigentum	40 %
— Familienbetriebe in Pacht	15 %
— Halb-Pachtbetriebe	20 %
— Mittel- und Grossbetriebe	20 %
— Mischbetriebe	5 %

Diese Verteilung hat sich zeitlich verändert : Wir erleben heute eine deutliche Tendenz zum Familienbetrieb.

Wie die Erzeugnisse, so ist auch die Art der Betriebsnutzung von der Gegend abhängig. Im Laufe der letzten Jahre hat sich die Familieneigentümlichkeit des landwirtschaftlichen Betriebes aus verschiedenen Gründen in Italien verstärkt. In gewissen Gegenden ist die Zerstückelung der Ländereien stark ausgeprägt und rührt von der übermässigen landwirtschaftlichen Bevölkerungsdichte und dem Mangel der Entwicklung an zusätzlicher Beschäftigung her.

Der ökonomische Stand der Betriebe ist nach den Gegenden verschieden. Dank der verwirklichten Bemühungen (Verbesserung der Infrastruktur, industrielle Entwicklung, Bodenvergütung, Intensivierung der Erzeugung, Bodenreform in Mittel- und Süd-Italien, Kreditentwicklung, Zuschusspolitik, usw.) erleben wir eine Verbesserung des Bestehens des kleinen landwirtschaftlichen Eigentums.

La régression de la petite propriété terrienne au Grand-Duché de Luxembourg
Causes et effets

par M. Gillen
Directeur honoraire de l'Administration des Services agricoles du Grand-Duché de Luxembourg

Dans le cadre de la politique agricole commune envisagée par les « Six » de la Communauté Economique Européenne, le problème des petites exploitations constitue pour les responsables un de leurs soucis majeurs. D'un côté, on voudrait sauvegarder le plus grand nombre possible d'exploitations familiales, de l'autre, il paraît excessivement difficile, sinon impossible, d'en assurer la rentabilité dans tous les cas.

Ce problème crucial ne date pas seulement du temps où l'idée du Marché Commun est entrée dans la voie des réalisations, mais s'est posé depuis le début de notre siècle. Il n'a cependant jamais été ressenti avec autant d'acuité que depuis la fin de la seconde guerre mondiale.

Le Luxembourg n'est pas seul à se débattre avec cette question épineuse ; elle est commune aux six pays du Marché Commun et à bien d'autres pays encore.

Cependant, vu la forte emprise de l'industrie sidérurgique sur l'économie du petit Luxembourg, l'on peut admettre à priori que le problème qui nous occupe y présente des aspects spéciaux et particuliers qui diffèrent peut-être de ceux des autres pays.

C'est pourquoi, il nous a paru intéressant d'étudier plus à fond ce problème pour notre pays, cela du point de vue économique et social, en nous basant sur des données statistiques et sur les résultats d'une enquête organisée fin 1958 par l'Action Catholique, section des Jeunes Agriculteurs.

Ce sont les données de cette étude que nous voudrions exposer devant vous.

Mais avant d'entrer dans le fond du sujet, entendons-nous sur la notion de « petite exploitation agricole ». L'on sait que lors des recensements agricoles, les exploitations sont groupées en catégories suivant le nombre d'hectares cultivés et nous devrons par après avoir recours à ces chiffres. Mais nous voudrions insister sur le fait qu'on n'a que trop longtemps considéré comme critère unique l'étendue de la sur-

face cultivée. Cela ne peut suffire. Il faut également tenir compte de la structure, du degré d'intensité, de la spécialisation éventuelle, de la situation par rapport à un centre urbain et d'autres particularités inhérentes à une exploitation donnée. L'incidence combinée de tous ces facteurs — dont l'étendue exprimée en hectares n'est qu'un seul, bien qu'important — trouve son expression dans le revenu agricole qui est le résultat final de l'activité de l'exploitant et de sa famille. Ce revenu constitue la rémunération du travail fourni et des capitaux investis. Certains spécialistes appellent viable une exploitation, quelle que soit son étendue, si dans des conditions de gestion normale elle permet d'occuper pleinement deux personnes adultes (Preuschen) dont le travail serait assez productif pour nourrir une famille.

Il ne faut pas non plus négliger le cas où un revenu supplémentaire est gagné par l'un ou l'autre membre de la famille, soit par l'exercice d'une activité agricole ou non-agricole.

Sous le bénéfice de ces observations préliminaires, voyons maintenant quelle a été l'évolution de la petite propriété terrienne au Grand-Duché de Luxembourg. A ce sujet, force nous est de nous en tenir aux chiffres fournis par les différents recensements agricoles qui se basent sur l'étendue des exploitations agricoles.

Voici, mis en parallèle, deux chiffres bien significatifs :

Nombre des exploitations de 1 à 10 ha

Année	
1907	16.727
1950	8.376

La régression est donc exactement de 50%, c'est-à-dire que la moitié des petites exploitations a disparu.

Mais comme il est d'un usage courant au Luxembourg de ne pas considérer les exploitations au-dessous de 2 ha comme des exploitations agricoles proprement dites, voyons quelle est l'évolution du nombre des exploitations entre 2 et 10 hectares, pendant les 10 dernières années seulement. Voici les chiffres :

Nombre des exploitations

Catégories	1950		1959	
	Nombre	% de toutes les exploitations du pays	Nombre	% de toutes les exploitations du pays
2 à 5 ha	3.399	29,7	2.052	22,2
5 à 10 ha	2.844	24,8	1.989	21,5
Totaux	6.243	53,5	4.041	43,7

Donc, de 1950 à 1959, plus de 2.000 exploitations de 2 à 10 ha ont été abandonnées, ce qui est un chiffre impressionnant si l'on considère que le nombre total des exploitations agricoles de toutes catégories au-dessus de 2 ha ne s'élève qu'à 11.445 pour 1950 et à 9.239 pour 1959.

La surface de terre abandonnée par les 2.000 exploitants s'élève à 10.629 ha (= environ 8 % de la surface totale de 136.372 ha cultivée en 1959). Même les exploitations de 10 à 20 ha ont perdu pendant la même période 5.408 ha, c'est-à-dire que des fermes de cette catégorie ont été abandonnées.

Voilà la situation que d'aucuns désignent comme alarmante au Grand-Duché. Nous en reparlerons tout à l'heure.

Il va sans dire que les autorités du pays ne pouvaient mésestimer l'évolution esquissée ci-dessus. Pour des raisons de documentation et dans la perspective de prendre des mesures dans l'intérêt des petites exploitations familiales, il fallait avant tout étudier les causes qui motivaient l'abandon de tant d'exploitations agricoles ou, pour employer un terme démodé, qui décidaient les paysans à l'exode rural.

C'est pourquoi on attendait avec un très vif intérêt le résultat d'une enquête que l'Union des Jeunes Agriculteurs, le « Jongbauerebond », avait organisée dans les milieux ruraux à la base d'un questionnaire diffusé parmi ses membres dans toutes les régions agricoles du pays. De cette façon, 191 localités furent touchées, appartenant à 73 communes. Par des questions précises, il s'agissait de déterminer :

a) la composition actuelle de la population des villages (ménages agricoles et non-agricoles) ;
b) l'évolution depuis 1945 du milieu rural (nombre d'exploitations abandonnées, causes de l'abandon, profession choisie par ceux qui avaient abandonné l'exploitation) ;
c) l'utilisation ultérieure des terres devenues libres.

Quant à ce dernier point, disons tout de suite qu'aucune terre n'a été laissée en friche. A part quelques terres qui furent vendues comme terrains à bâtir, la très grande majorité des terres continue d'avoir une utilisation agricole : les terres furent acquises ou louées par d'autres cultivateurs. Ce fait est avéré d'ailleurs par les tableaux du recensement agricole : de 1950 à 1959, les exploitations au-dessus de 20 ha ont accru leurs surfaces cultivées de 14.140 ha, chiffre qui correspond sensiblement à celui de la régression des surfaces cultivées par les petites exploitations de moins de10 ha.

Ce qui nous intéresse davantage ici, ce sont les réponses qui ont été données à la question pourquoi les exploitations furent abandonnées.

Les auteurs de l'enquête ont eu la bonne idée de grouper les réponses par catégories et d'indiquer dans la publication des résultats combien de fois la même cause d'abandon a été invoquée. Bien qu'il faille se garder de généraliser la portée des réponses, puisque certains questionnaires n'ont pas été retournés et que certains villages n'ont pas été touchés, par exemple ceux aux alentours des centres industriels du sud du pays (qui ne sont plus des villages agricoles), la publication des résultats de l'enquête permet quand même de se faire une idée assez exacte sur les motifs qui ont décidé tant d'exploitants à quitter leurs fermes.

Nous analyserons d'abord les réponses données concernant l'abandon d'exploitations exclusivement agricoles.

Voici, brièvement résumés, les motifs invoqués avec indication du nombre de fois que la même réponse a été donnée :

I^er^ MOTIF : PAS D'HÉRITIERS REPRENANT L'EXPLOITATION FAMILIALE.

A. *Départ des enfants* 49 fois

Les raisons du départ sont variables : fils qui ont choisi une occupation salariée, en raison des avantages multiples que cette nouvelle occupation présente par rapport au travail agricole ; ou : fils qui ont embrassé une autre profession après avoir reçu une formation professionnelle appropriée (études secondaires, école professionnelle, apprentissage d'un métier) ; ou : filles qui ont été mariées dans d'autres fermes ou filles qui ont épousé des non-agriculteurs.

B. *Pas d'héritiers* 46 fois

L'absence d'héritiers est due par exemple au fait que les ménages n'ont pas eu d'enfants, que les exploitants ont été célibataires ou que l'héritier ou les héritiers sont morts à la suite de maladie, d'accident ou à cause de faits de guerre.

II^e^ MOTIF : RENTABILITÉ INSUFFISANTE DE L'EXPLOITATION AGRICOLE.

A. *Exploitation trop exiguë* 32 fois

Ces exploitations n'assuraient qu'un revenu insuffisant et ne permettaient pas de nourrir la famille.

B. *Exploitations à la limite de la rentabilité* 6 fois

Il s'agit d'exploitations marginales dont il en existe tant et dont les propriétaires préfèrent bénéficier des avantages que procure toute autre occupation non-agricole (Sécurité sociale).

III[e] Motif : Manque de main-d'œuvre 25 fois

Par suite de la pénurie de main-d'œuvre agricole, il a été impossible de continuer l'exploitation. Dans certains cas, il n'a pas été possible de trouver de la main-d'œuvre agricole salariée, dans d'autres cas, on n'a pas voulu en engager, les salaires demandés ayant été jugés trop élevés par rapport à la rentabilité de la ferme. A ce sujet, il y a lieu de signaler que, dans l'industrie minière et sidérurgique du Grand-Duché, les salaires sont très élevés et comme les ouvriers industriels habitent en grande partie à la campagne, les contacts réguliers entre la population des villages ont provoqué une hausse permanente des salaires agricoles. Ajoutez à cela que les lois sociales en faveur des ouvriers industriels sont, jusqu'à ce jour, bien plus favorables que celles en vigueur dans le secteur agricole (assurance contre la vieillesse et l'invalidité, contre la maladie, contre le chômage, congé annuel payé, indemnités pour charges de famille, contrats collectifs, adaptation des salaires à l'indice du coût de la vie, gratification annuelle importante) et vous comprendrez qu'il n'y a plus guère moyen de trouver dans le pays des ouvriers agricoles indigènes.

IV[e] motif : Abandon de fermes pour cause de maladie, accident ou décès de l'exploitant 25 fois

Ce point n'appelle pas d'autre commentaire.

V[e] motif : Raison de facilité. 15 fois

La comparaison entre le travail agricole et le travail industriel joue en défaveur de l'agriculture. Les avantages visibles du travail industriel : travail plus agréable et plus régulier, laissant plus de loisirs, vie plus facile pour les femmes, etc, ont amené de nombreux agriculteurs à abandonner leurs fermes.

VI[e] Motif : Partage entre héritiers 15 fois

Il y a ici deux aspects à relever : ou bien des exploitations déjà trop petites ont été partagées en nature et aucune des parts ne constituait plus une exploitation viable, ou bien il y a eu désaccord entre les héritiers : les prix demandés à l'héritier désireux de reprendre l'exploitation familiale ont été trop élevés et n'ont plus permis l'exploitation rationnelle de la ferme paternelle. Ceci fait nettement ressentir l'insuffisance de la législation actuelle sur le régime successoral des biens ruraux.

VII[e] Motif : Raisons diverses 15 fois

Citons au hasard quelques-unes de ces causes : mauvaise gestion de l'exploitation, bâtiments détruits par faits de guerre qui n'ont plus été reconstruits, bâtiments de ferme délabrés ou démodés dont les propriétaires ont reculé devant les charges considérables de la mise en état, difficulté pour un agriculteur de trouver femme, mésentente familiale, situation catastrophique par suite de pertes de bétail, etc...

En ce qui concerne maintenant l'abandon *d'exploitations secondaires*, c'est-à-dire dont le revenu ne provenait pas exclusivement d'une occupation agricole, l'enquête a révélé surtout 7 groupes de motifs que nous voudrions exposer succinctement.

1) Le revenu provenant de l'occupation non agricole était suffisant et n'obligeait plus à avoir recours à un revenu supplémentaire tiré de l'exploitation agricole. *Cette réponse a été donnée* 65 *fois*. Dans de nombreux cas, l'exploitation a été abandonnée dès que l'exploitant avait pu trouver un emploi non-agricole stable et suffisamment rémunéré. Ceci explique la régression rapide des petites exploitations de 1 à 5 ha dont nous avons parlé plus haut.

2) L'exploitation agricole était trop peu rentable par rapport au capital et au travail nécessaires à sa mise en valeur. *Cette réponse a été donnée* 54 *fois*. L'exiguïté de l'exploitation ne permettait pas l'acquisition des machines nécessaires et obligeait les exploitants à faire effectuer les travaux soit par des entrepreneurs, soit par d'autres cultivateurs du village. Les prix exigés pour ces travaux ou les prestations demandées en retour ont le plus souvent été jugés hors proportion avec le bénéfice pouvant être retiré de la petite exploitation agricole.

3) Le départ des jeunes ruraux qui ne montraient plus d'intérêt pour le travail agricole et ont cherché une occupation non-agricole. Les parents âgés n'ont plus pu continuer à eux seuls l'exploitation. *Ce motif a été invoqué* 30 *fois*.

4) L'occupation salariée ne permettait plus l'exploitation d'un bien agricole, soit que l'occupation fatiguait trop, soit qu'elle ne laissait plus le temps nécessaire à l'exécution des travaux agricoles. *Répondu* 15 *fois*.

5) Refus des femmes de s'occuper de l'exploitation agricole. *Réponse donnée* 7 *fois*

6) Refus de l'exploitant-ouvrier de sacrifier ses heures de loisir au travail agricole. *Raison invoquée* 4 *fois*.

7) Raisons diverses : maladie (3 *fois*), faits de guerre (1 *fois*), perte de terres par la construction d'un barrage (1 *fois*).

Voilà la situation telle que l'enquête l'a révélée pour le Grand-Duché de Luxembourg.

Cette enquête très méritoire a été vivement commentée dans les milieux ruraux et autres du pays.

Ce qui frappe à première vue, c'est que les causes de la régression de la petite propriété terrienne, responsables de l'abandon de tant de petites exploitations agricoles, sont loin d'être uniquement d'ordre économique. Il s'agit en premier lieu d'un problème essentiellement social. L'industrialisation du pays n'a pas manqué d'exercer une influence décisive sur la composition et notamment sur la mentalité de nos milieux ruraux. Grâce aux moyens modernes de transport, les ouvriers industriels qui gagnent bien, se sont entremêlés intimement avec la population purement agricole d'antan. Ce contact a mis en lumière la différence entre la rémunération du travail agricole par rapport au travail industriel. On a aussi compris que la productivité du travail agricole était insuffisante dans de très nombreux cas et que, par unité de surface, trop de bras étaient occupés dans l'agriculture.

De plus, la population agricole a ressenti le besoin de rapprocher autant que possible son standard de vie de celui des autres classes actives de l'économie nationale.

C'est ainsi que la population agricole a diminué dans des proportions énormes. En 1870, elle s'élevait à 66 % de la population totale ; en 1907, elle n'était plus que de 37 %, en 1935 de 22 % et aujourd'hui de 17 %.

Faut-il regretter cette évolution ?

Nous ne parlerons pas du point de vue démographique, qui cependant est très important pour un petit pays comme le Luxembourg, mais nous voudrions nous borner à des considérations d'ordre économique et social.

Rappelons à ce sujet, comme nous l'avons déjà dit, que toutes les terres abandonnées par leurs tenants antérieurs, ont été incorporées dans les domaines d'exploitations plus grandes dont la gestion, depuis, n'en est que plus rationnelle. Relevons en outre que, malgré la très forte diminution de la population agricole depuis une centaine d'années, les productions tant végétales qu'animales ont doublé, voire même triplé.

Que faut-il en conclure ?

Tout d'abord que le revenu agricole total n'est pas fonction du nombre de personnes occupées dans l'agriculture. Au contraire, si la rationalisation des modes d'exploitation ou, en d'autres termes, le progrès technique agricole peut être assuré par un nombre moindre de personnes, la productivité de leur travail n'en peut que profiter. Si, par le passé, malgré les prix assez élevés (et souvent garantis par

l'État) de nos produits agricoles, la rentabilité de tant d'exploitations agricoles n'était pas assurée, c'est qu'il y avait sous-occupation, c'est-à-dire que le travail de l'exploitant et des membres de sa famille n'était pas assez productif. Tel était presque toujours le cas dans les exploitations dites petites et marginales.

Du point de vue économique, la régression de la petite propriété terrienne n'est donc pas à considérer comme un malheur. Elle peut au contraire constituer un assainissement rationnel de notre agriculture nationale où ne subsisteront à la longue que les exploitations vraiment viables auxquelles il sera possible d'affronter les risques du Marché Commun. L'essentiel sera dans ce domaine de trouver une occupation lucrative aux petits propriétaires désireux d'abandonner leur petit bien agricole et de préparer les anciens agriculteurs à leur nouvelle tâche. La création de nouvelles industries moyennes à la campagne serait donc à favoriser par tous les moyens.

Évidemment, du point de vue familial, les responsables s'efforceront de maintenir autant d'exploitations agricoles familiales que possible. A ce sujet, grâce au remembrement, grâce à une spécialisation bien comprise, c'est-à-dire adaptée au sol et au climat, grâce aussi à un équipement moderne (sans aller jusqu'au suréquipement), bon nombre d'exploitations familiales petites et moyennes pourront avoir une chance de survie. Mais il serait contraire à la logique et même contraire aux intérêts propres des intéressés, de vouloir tenir en vie, par des moyens artificiels, de petites exploitations qui ne peuvent subsister par elles-mêmes.

D'ailleurs, il sera difficile d'enrayer un mouvement qui s'est déclenché naturellement, automatiquement et dont le résultat a été, dans mon pays, une diminution — ceci depuis 10 ans — de quelque 200 à 250 unités d'exploitations par an. Et rien ne laisse prévoir que ce rythme s'arrêtera.

Dans le domaine de l'économie rurale et de la sociologie rurale, il n'y a pas de place pour une sentimentalité mal comprise. Il s'agit de sauver l'agriculture comme profession et comme mode de vie. Autrement, elle perdra toute chance d'existence décente.

Résumé.

Le problème des petites exploitations agricoles constitue un des principaux soucis en vue de la réalisation du Marché Commun dans le domaine agricole. Le problème est commun à chacun des six partenaires du Marché Commun. Pour le Luxembourg, vu l'importance de son industrie minière et sidérurgique, la question présente des aspects particuliers.

Il s'agit d'abord de s'entendre sur la notion de « petite exploitation agricole ». La surface cultivée ne suffit pas comme unique critère ; il faut tenir

compte aussi de la structure, du degré d'intensité, de la spécialisation éventuelle, etc.

De 1907 à 1950, le nombre des exploitations agricoles de 1 à 10 ha a diminué au Grand-Duché de Luxembourg de 50 % (16.727, resp. 8.376). En négligeant les exploitations au-dessous de 1 ha (qui ne sont pas des exploitations agricoles proprement dites), le nombre des exploitations entre 2 et 10 ha a diminué depuis 1950 jusqu'à ce jour de plus de 2.000 unités (6.243, resp. 4.041).

En vue d'étudier les motifs qui ont décidé tant d'agriculteurs à abandonner leurs fermes, la Section des Jeunes Agriculteurs de l'Action Catholique Masculine du Grand-Duché a organisé fin 1958 une enquête dans les milieux ruraux, enquête qui a touché 191 localités appartenant à 73 communes. Il s'agissait de déterminer la composition actuelle de la population des villages, l'évolution depuis 1945 du milieu rural et l'utilisation ultérieure des terres devenues libres.

Le rapport présenté à Gembloux a analysé en détail les réponses données avec indication du nombre de fois qu'un même motif a été invoqué pour l'abandon d'une exploitation. Il est distingué entre les exploitations exclusivement agricoles et les exploitations secondaires dont le revenu ne provenait pas uniquement d'une occupation agricole.

Pas une seule des terres abandonnées n'a été laissée en friche, mais toutes ont été reprises (achetées ou louées) par d'autres cultivateurs dont les exploitations ont été, de ce fait, agrandies. La régression de la petite propriété (exploitations non viables) peut donc être considérée comme un assainissement rationnel de l'agriculture luxembourgeoise.

The regression of small farm holdings in the Grand Duchy of Luxemburg Causes and effects

SUMMARY.

The problem of the small agricultural holdings is one of the major concerns in view of realizing the common market in agriculture. This problem arises for each of the six partners in the Common Market. Considering the importance of mining and steel industry in Luxemburg, this problem has particular aspects.

It is first necessary to agree on the meaning of «small agricultural holding». The area cultivated is not by itself a sufficient criterion ; structure, degree of intensiveness, possible specialization, etc., must be taken into account.

In the Grand Duchy of Luxemburg the number of farms from 1-10 ha has decreased by 50 per cent between 1907 and 1950 (16.727 and 8.376 resp.). Leaving out holdings smaller than 2 ha (which are not truly agricultural holdings), the number of holdings between 2 and 10 ha has decreased by more than 2000 from 1950 till this day (6.243 and 4.041 resp.).

With the object of investigating the reasons which have decided so many farmers to give up their farms, the «Section des Jeunes Agriculteurs de l'Action Catholique Masculine du Grand-Duché» organized at the end of 1958, an inquiry which involved 191 localities, which were part of 73 communities. The idea was to determine the present composition of the village populations, the development of the rural communities since 1945 and the further use of the land thus freed.

The report which has been presented in Gembloux gave a detailed analysis of the answers thus collected. A distinction has been made between exclusively agricultural holdings and secondary ones where part of the income derived from some other activity.

None of the abandoned fields was left to fallow, but all were taken over (bought or rented) by other farmers who increased the size of their holdings. The regression of the small holdings (non-viable undertakings) can thus be considered as a rationalization of Luxemburg agriculture.

Der Rückgang des kleinen Landbezitztums im Grossherzogtum Luxemburg Ursachen und Auswirkungen

ZUSAMMENFASSUNG.

Das Problem der kleinen landwirtschaftlichen Betriebe bildet eine der Hauptsorgen auf dem landwirtschaftlichen Gebiet im Hinblick auf die Verwirklichung des Gemeinsamen Marktes. Dieses Problem ist das gleiche für jeden der sechs Teilhaber. Da Luxemburg eine sehr bedeutende Erz- und Metallindustrie hat, bietet dieses Problem besondere Aspekte.

Zuerst muss man sich über den Begriff « kleiner landwirtschaftlicher Betrieb » einig sein. Die bewirtschaftete Fläche genügt nicht als einziges Kriterium, man muss auch die Struktur, den Intensitätsgrad, die etwaige Spezialisierung, usw. in Betracht ziehen.

Von 1907 bis 1950 hat sich die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe von 1 bis 10 Ha im Grossherzogtum Luxemburg um 50 % verringert (16727, 8376). Wenn man die Betriebe von weniger als 2 Ha (die keine eigentlichen landwirtschaftlichen Betriebe sind) vernachlässigt, hat sich die Zahl der Betriebe von 2 bis 10 Ha seit 1950 bis zum heutigen Tage um mehr als 2000 Einheiten verringert (6243, 4041).

Um die Beweggründe, die so viele Bauern dazu veranlasst haben, ihre Betriebe aufzugeben, festzustellen, hat die Abteilung der jungen Bauern der männlichen katholischen Bewegung des Grossherzogtums Ende 1958 im ländlichen Milieu eine Untersuchung organisiert, die sich auf 191 Ortschaften, die 73 Gemeinden angehören, erstreckt hat. Es handelte sich darum, die augenblickliche Zusammensetzung der Dorfbevölkerung, die Entwicklung des bäuerlichen Milieus und die Nutzung der frei gewordenen Ländereien festzustellen.

Der Bericht, der in Gembloux vorgebracht wurde, analysierte im einzelnen die gegebenen Antworten mit der Angabe, wievielmal der gleiche Grund für die Aufgabe des Betriebes angeführt wurde. Es wurde unterschieden zwischen den ausschliesslich landwirtschaftlichen Betrieben und den sekundären Betrieben, deren Einkommen nicht ausschliesslich von einer landwirtschaftlichen Beschäftigung herstammte.

Nicht ein einziges der aufgegebenen Ländstücke ist brach liegen geblieben, sondern alle sind von anderen Bauern übernommen worden (gekauft oder gepachtet), deren Betriebe auf diese Weise vergrössert worden sind. Der Rückgang des kleinen Eigentums (nicht lebensfähige Betriebe) kann demnach als eine vernunftgemässe Verbesserung der luxemburgischen Landwirtschaft angesehen werden.

Déficiences, réformes souhaitables des petites exploitations agricoles belges

par Maurice Hespel
Professeur d'Economie rurale à l'Institut agronomique de Gembloux

Évolution du nombre et de l'étendue des exploitations entre les recensements de 1929 et 1950.

a) Le nombre des exploitations de — de 5 Ha a diminué de 163.616 unités, celles de + de 50 Ha ont diminué de 394 unités, soit une diminution totale de 164.010 unités.

Par contre, les exploitations comprises entre 5 et — de 50 Ha ont vu leur nombre augmenter de 7.391 unités. Cela signifie donc que 4,7 % des exploitations disparues sont passées, par une augmentation ou une diminution de leur étendue dans les exploitations comprises entre 5 et — de 50 Ha, *mais que* 153.619 *exploitations ont complètement disparu.*

En calculant l'évolution du pourcentage du nombre d'exploitations des diverses classes, on constate que le pourcentage des exploitations de — de 5 Ha a diminué de 2,09 % et que celui des exploitations de 5 à — de 50 Ha a augmenté de 2,09 % au détriment des précédentes.

b) Entre 1929 et 1950, les exploitations de — de 1 Ha ont perdu 26.684 Ha, celles de 1 à moins de 5 Ha 141.175 Ha, celles de 5 à — 10 Ha 1.254 Ha. D'autre part, celles de 30 à — de 50 Ha ont perdu 7.606 Ha, celles de 50 Ha et plus 57.585 Ha, soit au total pour ces classes d'exploitations une perte de 234.304 Ha.

Seules les exploitations intermédiaires de 10 à — de 20 Ha ont gagné 47.632 Ha et celles de 20 à — de 30 Ha 14.647 Ha, soit au total 62.279 Ha. L'étendue totale cultivée a donc diminué de 234.304 - 62.279 = 172.024 Ha. La migration d'étendue, soit 62.279 Ha a été relativement faible et 172.024 Ha ont été perdus pour l'agriculture.

En calculant l'évolution des pourcentages des étendues totales des exploitations des diverses classes, de 1929 à 1950, on constate que le pourcentage pour les exploitations de — de 5 Ha a diminué de 6,11 % et que celui pour les exploitations de 5 à — de 50 Ha, a augmenté de 8,23 % au détriment des précédentes. Comme le laissait prévoir l'évolution du nombre des exploitations, on observe donc une migration d'une partie de l'étendue totale des exploitations de — de 5 Ha vers les exploitations de 5 à — de 50 Ha.

Pour les exploitations de 50 Ha et plus, quoique en nombre égal en 1929 et en 1950, on observe une diminution de 2,12 % de leur étendue totale soit donc une diminution de leur étendue moyenne.

c) Évolution de la surface moyenne par classe d'exploitations.

	1929		1950	
	Nombre	Étendue moyenne	Nombre	Étendue moyenne
Exploitations de - de 1 Ha	838.883	0,16 Ha	722.582	0,14 Ha
de 1 à - de 5 Ha	194.914	2,67 Ha	147.599	2,57 Ha
de 5 à - de 10 Ha	56.311	7.34 Ha	58.307	7,07 Ha
de 10 à - de 20 Ha	27,882	14,27 Ha	32.489	13,71 Ha
de 20 à - de 30 Ha	7.010	24,70 Ha	7.822	24,01 Ha
de 30 à - de 50 Ha	3.656	39,17 Ha	3.632	37,33 Ha
de 50 Ha et plus	2.490	87,85 Ha	2.096	76,89 Ha
Nombres totaux, étendue moyenne non compris exploit. de moins de 1 Ha.	1.131.146	1,77 Ha	974.527	1,87 Ha
	292.263	6,39 Ha	251.912	6,83 Ha

L'étendue moyenne des exploitations de chaque classe a diminué et ce malgré l'augmentation de la superficie totale de certaines de ces classes.

Cela tend à montrer que certaines exploitations ayant passé dans la catégorie supérieure ont pris place dans la partie inférieure de leur nouvelle classe.

Considérant uniquement les exploitations de 5 à 50 Ha, nous obtenons les étendues moyennes suivantes :

1929 : 11,89 Ha
1950 : 11,55 Ha

d) Les migrations de population agricole, caractérisées par la disparition de nombreuses exploitations et la diminution de cette population agricole se sont faites surtout vers l'industrie. On peut attribuer surtout ces migrations de population à l'insuffisance et à la diminution du revenu de l'agriculture.

Insuffisance du revenu des petites exploitations

Comparant l'importance de l'agriculture belge à celle des autres activités, on constate qu'elle a régulièrement diminué depuis un siècle en ce qui concerne le pourcentage de la population active agricole dans la population active totale. En 1846, la population active agricole

représentait 52 % de la population active totale ; en 1856, ce pourcentage était de 45 % ; en 1866 de 39 % ; en 1880 de 29 % ; en 1890 de 22 % ; en 1900 de 21 % ; en 1910 de 16 % ; en 1920 de 15 % ; en 1930 de 17 % ; en 1947 de 12 % ; en 1954 de 9,9 %.

Le phénomène n'a pas empêché que la production agricole annuelle est aujourd'hui de 163 % de celle de la moyenne de 1936-38. Il en est résulté d'autre part que la productivité du travail agricole est actuellement de 209 % de celle d'avant-guerre.

Pour l'industrie, les pourcentages de la population active étaient de 35 % en 1880 et de 49 % en 1947 ; pour le commerce, de 9 % en 1880 et de 19 % en 1947.

D'autre part, le pourcentage du revenu des cultivateurs dans le revenu national est moindre que le pourcentage de la population active agricole dans la population active totale.

Tableau 2

Année	Population active agricole en % de la pop. active totale	Revenu agricole en % du revenu national
1947	12	7,5
1950	10,8	7,1
1951	10,2	6,9
1952	10,1	6,4
1953	10	6,7
1954	9,9	6,2

a) La portée de cette observation concernant la baisse du revenu agricole national est amoindrie du fait que les éléments non payés du coût de production agricole représentent une part importante et croissante de ce coût. En effet, d'estimations faites par M. le Professeur Bublot, il résulte qu'en 1910, cette part pour les exploitations de toute superficie était de 35 % et de 50 % en 1950. Or cette part importante non payée ou coût second ne comprend pas des dépenses réelles, mais des éléments du revenu de l'exploitant : rémunération de l'exploitant et de sa famille, fermage des biens immobiliers en propriété, intérêt des autres capitaux investis dans l'exploitation.

L'augmentation du coût second a dû ralentir les migrations des cultivateurs vers les autres activités. Les achats de terres par les exploitants ont agi de la même manière.

b) La part non payée du coût de production est plus grande dans les petites que dans les grandes exploitations, signe évident de l'accentuation du caractère familial des petites fermes.

c) Certains autres indices, portant sur les salaires, témoignent eux aussi, du développement du caractère familial de nos exploitations, notamment l'augmentation de la part de la rémunération du travail revenant à la famille. En effet, le professeur Bublot estime que :

1) L'importance des salaires totaux (payés et non payés) dans le coût de production total aurait évolué comme suit : 1846 — 55,2 %, 1950 — 45,2 %.

2) La part des salaires payés dans les salaires totaux a baissé : 1846 — 64,2 % ; 1950 — 27,1 %. Rien que depuis 1947, la main-d'œuvre ouvrière agricole a diminué de 100.000 unités. Il reste actuellement 10.000 à 15.000 ouvriers agricoles permanents et 15.000 saisonniers.

3) La part des salaires non payés dans les salaires totaux a augmenté : 1846 — 35,8 % ; 1950 — 78,9 %.

4) L'importance des salaires dans la part non payée du coût de production total aurait évolué comme suit : 1846 — 51,7 % ; 1950 — 71,4 %.

Ces indices témoignent en outre aussi de la mécanisation croissante de nos exploitations.

d) Les revenus des petites exploitations ont plus diminué que ceux des grandes et les migrations de petits cultivateurs eussent été plus nombreuses encore sans les liens de nature diverse les retenant en leurs fermes et aussi parce que les petits cultivateurs, gens à vie modeste, acceptent souvent une réduction de la rémunération de leur travail et de l'intérêt de leurs capitaux intervenant dans les prix de revient de leurs produits, prix qui ne sont pas toujours couverts par les prix de vente.

Rappelons la signification des termes intervenant dans la mesure de la rentabilité des exploitations.

Le rendement brut est formé de la valeur des produits vendus ou consommés par l'exploitant et sa famille et des augmentations d'inventaire.

Ce rendement par hectare diminue avec l'augmentation de l'étendue de l'exploitation. Pour l'exercice 1957-58, il est de 44.963 frs par ha dans les exploitations de 0-7 ha et n'est plus que de 18.197 frs dans celles de 50 à 125 ha.

Le coût de production représente les dépenses (éléments payés) et les éléments non payés. Il diminue par Ha avec l'étendue de l'exploitation, mais plus que le rendement brut. Pour l'exercice 1957-58 il est de 52.169 frs par ha dans les exploitations de 0-7 ha et de 16.213 frs dans celles de 50 à 125 ha.

Si l'on soustrait du rendement brut les dépenses (éléments payés), la différence est le rendement net ou *revenu de l'exploitant*, formé des éléments non payés (coût second) du coût total. Il se peut que le revenu de l'exploitant soit supérieur aux éléments non payés ; la différence est, dans ce cas, appelée *bénéfice de l'entrepreneur* ; si le revenu de l'exploitant est inférieur aux éléments non payés du coût, la différence est appelée *perte de l'entrepreneur*. Rappelons que les éléments non payés sont : rémunération du travail familial, fermages des biens en propriété, intérêt des autres capitaux en propriété.

L'écart de rendement net est la différence entre le rendement brut et le coût de production. L'écart de rendement net par Ha augmente avec l'étendue de l'exploitation, du fait que, comme nous l'avons dit, le coût de production diminue plus que le rendement brut en fonction de cette étendue. Pour l'exercice 1957-58, l'écart de rendement net par ha est de — 7.206 frs par ha dans les exploitations de 0-7 ha, et de + 1.984 frs dans celles de 50-125 ha. C'est à cette position moins favorable des petites exploitations que sont dues les migrations de nombreux de leurs occupants.

L'exploitation *marginale* est caractérisée par l'égalité du rendement brut et du coût de production. L'écart de rendement net est donc nul, il n'y a pas bénéfice de l'exploitant, mais celui-ci est néanmoins rémunéré de son travail et de l'intérêt de ses capitaux. Une exploitation peut être marginale, quelle que soit son étendue ; il suffit que son rendement brut, calculé sur la base des rendements culturaux et animaux et des prix de vente unitaires des produits, soit égal au coût de production.

Les fermes submarginales sont celles où l'égalité entre le rendement brut et le coût de production n'existe pas, c'est-à-dire que le rendement brut ne couvre pas tout le coût de production comportant les dépenses d'exploitation, les salaires fictifs de l'exploitant et des membres de sa famille, l'intérêt des capitaux engagés. Il n'y a donc évidemment pas de bénéfice de l'entrepreneur.

L'absence regrettable de comptabilité dans les fermes laisse les exploitants dans l'ignorance des résultats financiers exacts de leurs entreprises et a certainement retardé des migrations justifiées.

Les chiffres ci-après expriment la rentabilité des plus petites exploitations belges pour l'année comptable 1957-1958 (récolte 1957) prise comme exemple caractéristique, d'après la Station d'économie rurale de Gand. Pour éviter toute erreur d'interprétation, nous définirons les termes ci-après suivant la signification qui leur est donnée à Gand.

Rendement net : rendement brut — frais de production.

Frais de production : rémunération de la main-d'œuvre familiale, salaires du personnel, aliments, engrais, frais généraux, semences et plants, entretien et

réparation des machines, impôts, diminution de l'inventaire-provisions, moyens de lutte contre les maladies des plantes, saillies, amortissements des capitaux.

Donc le rendement net comprend les fermages payés, les intérêts des capitaux y compris les terres en propriété, le bénéfice de l'entrepreneur.

Écart de rendement net : rendement brut — coût de production.

Coût de production : frais de production mentionnés ci-dessus, fermages payés, intérêts des capitaux y compris les terres en propriété.

Classes ha.	Superficie moyenne des exploitations	Rendement net moyen par ha.	Fermages par ha. (Frs)	Rendement net moyen diminué du fermage par ha (Frs)	Intérêt des capitaux en propriété par ha. (Frs)	Écart de rendement net moyen par ha. (Frs)
0-7	5,47	—1.730	2.040	—3.770	3.436	—7.206
7-10	8,38	587	1.673	—1.086	3.047	—4.134
10-15	11,84	1.615	1.764	— 149	2.808	—2.957
15-25	19,77	2.445	1.697	748	2.265	—1.517
25-35	30,40	4.010	1.633	2.377	2.037	340
35-50	39,76	3.124	2.205	919	1.808	— 889
50-125	82.25	4.989	2.181	2.808	825	1.984
Moyenne	16.62	2.514	1.824	690	2.222	—1.532

Il faut noter que les chiffres mentionnés au tableau ci-dessus constituent des moyennes susceptibles de présenter de grands écarts.

Pour l'exploitation moyenne de la classe de 0 *à* 7 *ha, par ha* :

Rendement brut	44.963 Frs	
Frais de production	—46.693 Frs	(dont 21.141 Frs rémunération main-d'œuvre familiale)
Rendement net par ha	—1.730 Frs	(idem réduite à 19.411 Frs)
Fermage payé	—2.040 Frs	
Intérêt des capitaux en propriété	—3.436 Frs	
Écart de rendement par ha.	—7.206 Frs	(idem réduite à 13.935 Frs)

Calcul de l'intérêt des capitaux en propriété, par ha.

Terres: fermage moyen à l'ha. dans la région au cours de l'exercice comptable.

Améliorations foncières		2,25 %	...
Bâtiments		3,00 %	...
Cheptel mort	8.800 Frs	3,50 %	308 Frs
Cheptel vif	26.388 Frs	4,00 %	1.056 Frs
Capital circulant	12.091 Frs	4,50 %	544 Frs
Capital d'exploitation	47.279 Frs		3.436 Frs

Dans les fermes de moins de 7 ha, de 7 à 10 ha, de 10 à 15 ha et de 15 à 25 ha dont l'écart de rendement net est négatif, on peut considérer que les capitaux en propriété rapportent un intérêt normal, *mais le travail du cultivateur* et de sa famille n'est pas rémunéré sur la base

du salaire normal (y compris les charges sociales) du personnel salarié. Le tableau ci-après le montre.

Les chiffres ci-après concernent : *revenus du travail familial, revenus par unité de travail familial, revenus par heure de travail familial et par unité, revenus nets du travail familial par heure et par unité.*

Classes ha.	Rémunération estimative de la main-d'œuvre familiale par exploitation (Frs)	Revenu du travail familial annuel moyen par exploitation (Frs)	Revenu annuel moyen du travail familial par unité de travail (Frs)	Revenu moyen par heure du travail familial et par unité (Frs)	Revenu net moyen du travail familial par heure et par unité (Frs)
0-7	115.643	76.251	49.301	18,26	22,76
7-10	134.340	99.686	55.822	20,67	25,97
10-15	144.843	109.843	57.851	21,43	27,91
15-25	184.427	154.449	63.444	23,50	30,31
25-35	160.086	170.410	86.682	32,10	43,77
35-50	248.475	213.114	66.391	24,59	32,88
50-125	173.295	336.463	195.007	72,22	86,78
Moyenne	154.594	129.130	64.083	23,73	30,52

Le revenu des petits exploitants et de leur famille peut s'exprimer significativement sous forme de revenu ou de revenu net par heure de travail familial et par unité de travail. Voyons comment ces revenus sont calculés à la Station de l'État.

a) *Rémunération estimative de la main-d'oeuvre familiale, par exploitation.* Cette rémunération est reprise dans les frais de production. On estime cette rémunération en attribuant à chaque travailleur faisant partie de la famille, une rémunération égale au salaire normal, y compris les charges sociales, du personnel salarié.

En plus de la rémunération pour ses prestations de travail, une indemnité égale à 4 % du total des frais de production est accordée au chef d'exploitation pour son travail de direction.

Par exploitation de 5,47 ha, rémunération estimative = 115.643 Frs. Cette rémunération n'est pas atteinte ; voyons à combien elle s'est élevée réellement par heure de travail familial.

b) *Revenu du travail familial annuel moyen, par exploitation.*

Rémunération estimative de la main-d'œuvre familiale — écart de rendement net :

$$115.643 - \frac{(5{,}47 \text{ ha} \times 7.206)}{39.392} = 76.251 \text{ Frs.}$$

c) *Revenu annuel moyen du travail familial par unité de travail :*

$$\frac{\text{Revenu du travail familial par exploitation de 5,47 ha}}{\text{Main-d'œuvre familiale exprimée en unités de travail}}$$

$$\frac{76.251}{1,547} = 49.301 \text{ Frs.}$$

Unité de travail = équivalent d'un homme adulte travaillant 2.700 heures par an.

d) *Revenu moyen par heure de travail familial et par unité dans l'exploitation moyenne de 5,47 ha :*

$$\frac{\text{Revenu annuel du travail familial par unité de travail}}{\text{2.700 h. de travail par an}}$$

$$\frac{49.301}{2.700} = 18,26 \text{ Frs}$$

Ce revenu augmente avec l'étendue des exploitations jusqu'à atteindre 72,22 frs dans celles de 50 à 125 ha.

Revenu net moyen procuré par l'exploitation de 5,47 ha par heure de travail familial et par unité :

Ce revenu comprend le revenu moyen par heure de travail familial et par unité ainsi, en outre, que l'intérêt que les capitaux en propriété ont rapporté exprimé par heure de travail familial et par unité.

Pour l'exploitation moyenne de la classe de 0 à 7 ha, par ha.
Intérêt des capitaux en propriété par ha : 3.436 Frs
Étendue moyenne des exploitations : 5,47 ha.
Intérêt des capitaux en propriété de l'exploitation moyenne : $3.436 \times 5,47 = 18.781$ Frs

Intérêt des capitaux exprimé par unité de travail : $\frac{18.781}{1,547} = 12.140$ Frs

Intérêt des capitaux exprimé par unité de travail et par heure : $\frac{12.140}{2.700} = 4,50$ Frs

Revenu par heure du travail familial par unité de travail : 18,26 Frs
Revenu net moyen par heure de travail familial et par unité :

$$4,50 + 18,26 = 22,76 \text{ Frs}$$

Le revenu augmente avec l'étendue des exploitations jusqu'à atteindre 86,78 frs dans celles de 50 à 125 ha.

Ces chiffres dénoncent l'insuffisance du revenu des petits exploitants due notamment aux motifs ci-après.

1. Morcellement cultural exagéré.

Un tableau mentionnant le nombre et l'étendue moyenne des exploitations de chaque classe d'étendue figure plus avant. On constate

que la majorité de nos fermes familiales sont d'étendue inférieure à celle jugée indispensable dans notre pays.

Il arrive, lorsqu'une circonstance spéciale agit en faveur de l'intensivité, que l'on voit les exploitations se restreindre en étendue. Ce morcellement peut être justifié par la nécessité de proportionner l'étendue aux capitaux dont les agriculteurs disposent et de ne pas dépasser la possibilité de travail de la famille.

2. Parcellement excessif.

La petite exploitation souffre, plus que les autres, du parcellement qui rend plus onéreuses les conditions d'exploitation. Les chiffres ci-après concernent notre pays :
exploitations de 5 à 10 ha : superficie moyenne par pièce de terre : 0,89 ha. ; idem de 50 à 100 ha : 6,22 ha.

3. Insuffisance des revenus d'appoint.

Les possibilités de se créer des revenus d'appoint sont insuffisantes pour nos petits cultivateurs empêchés d'autre part d'agrandir leurs fermes.

4. Surcapitalisation.

La grande ferme bénéficie d'une économie de capitaux dans la construction et l'entretien des bâtiments, par m^2 ou m^3, ainsi que dans l'exécution des améliorations foncières. Le capital-constructions est donc moins important par ha exploité dans les grandes que dans les petites entreprises.

Il en est de même pour les intérêts des capitaux d'exploitation ; pour l'exercice 1957-58 : 825 frs par ha dans les exploitations de 50-125 ha, 3.435 frs dans celles de 0-7 ha.

5. Adoption insuffisante des progrès techniques.

L'industrie, avant l'agriculture et plus qu'elle, a adopté les innovations et les progrès de la technique, qui ont déterminé chez elle une augmentation considérable de la productivité humaine. Celle-ci a été favorisée par les besoins sans limite en services, en opposition avec l'inélasticité de la consommation de nombreux produits agricoles, alimentaires notamment. Il en est résulté une amélioration de la position de l'industrie et les migrations de population agricole, notamment de cultivateurs, vers l'industrie, le commerce et les services. Le phénomène eût été plus accentué et plus rapide encore si cette population avait pu s'incorporer plus facilement dans des nouvelles fonctions lui apportant des gains plus élevés.

Les progrès techniques agricoles considérés ici concernent notamment l'emploi des machines, des engrais, des semences sélectionnées, etc..., l'exécution des améliorations foncières, etc...

Ce sont évidemment les cultivateurs submarginaux et surtout les plus petits, dont les prix de revient dépassent ceux des grands exploitants, qui ont principalement alimenté les courants migrateurs, d'autant plus que les innovations techniques, accueillies plus favorablement par les grands, avaient pour effet d'accentuer encore la décroissance des coûts de production en fonction de l'étendue des fermes.

Il n'est pas douteux que la position déjà moins favorable des petits se serait moins dégradée s'ils avaient disposé de capitaux en suffisance pour s'équiper comme le faisaient les grands. On peut croire qu'ils ont freiné leur migration le plus longtemps possible, mais leur position submarginale devait avoir une fin : ils ne pouvaient pas continuer longtemps à vendre leurs produits en dessous de leur coût de production. Leur revenu et notamment la rémunération de la main-d'œuvre familiale, ne pouvant être amélioré par l'adoption des innovations et des progrès techniques, la migration des submarginaux s'est imposée, la forte natalité campagnarde n'y remédiant pas entièrement.

La politique des marchés et des prix, les subsides divers n'ont pas corrigé entièrement la rentabilité insuffisante des petits cultivateurs. Nous pensons que la réforme structurelle de notre agriculture envisagée par la Communauté européenne, visant à faciliter l'adoption des innovations et des progrès techniques, est en mesure d'augmenter la production et la productivité des familles agricoles.

La diffusion des progrès agricoles est la mission des services de vulgarisation et de l'enseignement agricole à tous ses degrés, y compris l'enseignement postscolaire lequel s'adresse aux gens de métier. Mais il faut que les questions techniques n'absorbent pas une part trop grande des horaires scolaires au détriment de la comptabilité et de l'économie, des prix de revient et des projets d'exploitation.

Les vulgarisateurs officiels doivent suivre une même orientation en s'intéressant essentiellement à la gestion économique des exploitations. Les associations agricoles aideraient positivement si elles prenaient en charge la tenue des comptabilités globales de leurs affiliés.

Quant aux écoles d'agriculture et d'horticulture, elles devraient s'adjoindre l'apprentissage des métiers artisanaux et industriels, et les écoles ménagères agricoles celui des métiers féminins : esthétique, diététique, secrétariat, etc., à moins que ces enseignements n'existent déjà dans des écoles spécialisées de la région.

Ces moyens faciliteraient l'adaptation des mutants à leurs nouveaux métiers et la résorption de la main-d'œuvre familiale excédentaire.

Une technique importante et de pratique récente pouvant améliorer la productivité de nombreuses petites exploitations est le recours à l'examen critique de leur plan de gestion par des agronomes compé-

tents. Voici un exemple d'examen ayant porté sur trois exploitations brabançonnes d'une superficie variant de 10 à 12 ha.

	exploitations		
	n° 1	n° 2	n° 3
Revenus par ha	26.000 Frs	23.000 Frs	9.600 Frs
Unités de main-d'œuvre	3	1,5	2
Productivité par ha	15.000 Frs	11.000 Frs	1.100 Frs
Productivité par unité de main-d'œuvre	75.000 Frs	116.000 Frs	5.000 Frs

Concernant les exploitations, c'est la productivité par unité de main-d'œuvre qui est le principal caractère de qualité de la gestion.

L'exploitation n° 3 est mal gérée, la situation doit être corrigée.

Dans l'exploitation n° 2, par l'abandon des spéculations porcine et avicole, il a été possible de réduire la main-d'œuvre à celle du cultivateur et de sa femme et d'utiliser cette main-d'œuvre restante avec plus d'efficience que dans l'exploitation n° 1. La productivité par unité de main-d'œuvre est meilleure dans l'exploitation n° 2 malgré une productivité par ha plus faible que dans l'exploitation n° 1.

6. Mécanisation insuffisante. Main-d'œuvre familiale excédentaire.

Le recours aux machines n'est justifié qu'à certaines conditions dans les exploitations agricoles grandes et petites. Des conditions particulières s'ajoutent aux premières dans les exploitations familiales.

Dans les fermes de quelque importance, disposant de salariés, la machine a déterminé l'exode de beaucoup de ceux-ci vers les villes. Les prix de revient de ces fermes mécanisées ont été sérieusement diminués et en fonction de leur étendue, attendu que les frais des capitaux-machines, à savoir l'intérêt et l'amortissement, se répartissaient sur un plus grand nombre d'hectares. C'est dire que l'achat des machines coûteuses ne se justifie qu'au-delà d'une certaine étendue et que les frais d'investissement doivent dépasser le montant des salaires économisés. C'est dire aussi que la hausse continue des salaires agricoles a poussé la mécanisation et engagé les exploitants de quelque importance à réformer sans hésitation le matériel désuet pour le remplacer régulièrement par du plus perfectionné. Encore, faut-il que le matériel soit suffisamment employé et que l'on donne la préférence à celui de grand rendement, les frais d'utilisation par ha étant moindres en fonction de ce rendement.

Des fermes familiales sont nées de l'exode des salariés qui a d'ailleurs porté aussi sur des membres des familles d'exploitants et pour la même raison de réduction des coûts. Mais notons aussi que la migration de

la main-d'œuvre familiale n'a pas atteint la mesure désirable. En effet, une enquête faite en 1949 par la Station d'économie rurale de Gand a établi que les exploitations de moins de 5 ha avaient à cette époque une main-d'œuvre dépassant de 90 % les besoins, celles de 5 à 10 ha de 60 %, celles de 10 à 15 ha de 39 %, de 15 à 20 ha de 22 %.

Avant la mécanisation, les coûts de production étaient les mêmes quelle que fût l'étendue des fermes ; par la mécanisation, ces coûts diminuèrent mais moins dans les petites que dans les grandes. De la mécanisation, il résulta une productivité moindre du travail de la main-d'œuvre familiale lorsque celle-ci ne subit pas de réduction parallèle ; la mécanisation s'imposait parfois, même lorsqu'elle n'entraînait pas cette réduction.

Le recensement agricole de 1950 permet de chiffrer comme suit la moindre mécanisation justifiée des petites exploitations et l'excédent de main-d'œuvre familiale : par 100 ha et par an, les exploitations de 3 ha demandaient 85,4 années de travail, et celles de plus de 100 ha, 9 années.

Toutes ces raisons expliquent pourquoi les petits cultivateurs ont plus que les autres développé les spéculations animales, pour lesquelles la mécanisation offre moins de possibilités et par conséquent réduit moins le travail de la main-d'œuvre familiale. On peut dès lors admettre que les prix de revient des productions animales sont peu liés à l'étendue des fermes. Explique encore le développement des spéculations animales chez les petits cultivateurs, le fait que l'index des prix des produits animaux s'est mieux comporté que celui des produits végétaux, et aussi que l'augmentation des revenus a été favorable à la consommation des produits animaux laquelle est, plus que celle des autres produits, élastique aux revenus. Nul doute que ces conditions ont ralenti la disparition signalée des petites fermes.

7. Coûts de production plus grands pour de nombreux produits.

Nous avons déjà signalé que les coûts de production de nombreux produits sont devenus progressivement plus grands dans les fermes. Ce fait a créé pour les cultivateurs belges une situation moins bonne attendu que ces coûts ont moins diminué que les prix des produits ; la conséquence fut les migrations des cultivateurs submarginaux.

M. le professeur Bublot a calculé le rapport entre l'indice des prix des produits et celui des coûts de production depuis 1835 ; indices calculés par rapport à 1909-1913. En 1835, l'indice des prix est 78, celui des coûts 51 et le rapport de ces indices 153 $\left(\frac{73}{51} = \frac{x}{100}, x = 153\right)$ Ce rapport est de 147 en 1850, 136 en 1860, 107 en 1880, 68 en 1932, 82 en 1940, 53 en 1950, 43 en 1955.

M. Bublot constate qu'en courte période les indices des prix et des coûts ont évolué dans le même sens en manifestant toutefois une rigidité moindre des prix que des coûts (salaires, intérêts, fermages, engrais, semences, aliments du bétail). Si les fluctuations des prix des produits animaux sont plus grandes que pour les produits végétaux, c'est dû à la plus grande élasticité de la demande des premiers produits. La conséquence du comportement des indices des prix de ces deux catégories de produits a aidé les petits cultivateurs à mieux supporter les crises et guerres que les grands exploitants.

8. Inélasticité de la demande des produits agricoles.

L'inélasticité de la consommation de certains produits agricoles aux prix et aux revenus a pour conséquence l'augmentation réduite de la production agricole et le phénomène déjà signalé de la diminution de la part du revenu agricole dans le revenu national. Certes l'effet de l'inélasticité n'affecte pas spécifiquement les petites exploitations seulement, mais celles-ci en pâtissent plus que les autres en raison de la modicité de leur revenu.

9. Importation des produits agricoles.

L'importation de certains produits agricoles est relativement importante comparée à leur production indigène. Leurs prix payés aux cultivateurs en sont diminués de ce fait, surtout lorsque ces prix ne sont pas soutenus artificiellement ; cette fois encore les faibles revenus des petits exploitants sont atteints plus durement. Comparant le volume de la production à celui de la consommation, on constate la tendance à la réduction des importations de certains produits agricoles qui se manifeste depuis l'après-guerre et par conséquent l'évolution vers l'égalisation de la production et de la consommation.

En 1959, le rapport des importations à la production s'exprime par les pourcentages ci-après pour les produits mentionnés à titre exemplatif : froment 55 %, céréales secondaires 41 %, paille de lin 72 %, tabac en feuilles 886 %, houblon 1.260 %, fruits 24 %, légumes 18 %.

10. Ventes et achats moins avantageux. Coopération insuffisante.

La grande exploitation vend ses produits et achète les matières premières à de meilleurs prix que la petite. La coopération, insuffisamment pratiquée, égalise ces prix dans une certaine mesure.

La coopération devrait s'intéresser plus à la transformation industrielle et au commerce des produits agricoles. En effet, alors que les prix de vente de ces produits par les cultivateurs baissent (1953 = index 100, 1958 = 91), les prix de détail des produits alimentaires dérivés des premiers croissent (1953 : index 100, 1958 = 108). Une

partie du prix payé par le consommateur à l'industriel et au commerçant irait ainsi aux coopérateurs-cultivateurs.

11. Crédit inconsidéré.

M. Dallemagne signale à ce sujet que le petit exploitant a été victime d'une publicité habile de marchands de machines pratiquant un crédit fort onéreux, ce qui fait que la mécanisation est venue désorganiser certaines fermes. Il n'est pas rare dans la région de Herve de voir un petit agriculteur exploitant 5 à 6 ha posséder un tracteur avec fourgon, plate-forme, tonneau à purin sur pneus, débouseuse, herse régénératrice de prairie, machine à traire et voiture privée, le tout venant se superposer à la famille de l'exploitant et faire double-emploi avec celle-ci.

Il n'est pas rare non plus de voir des petits fermiers ayant des familles nombreuses s'endetter à 60 et même 70 % de la valeur de leur ferme pour en devenir propriétaire. Cet endettement est établi sur la base de 5,25 %, plus l'assurance-vie au-dessus de 50 % de la valeur, soit au total environ 9 à 10 % minimum avec la prime d'amortissement et cela pendant 20 ou 25 ans. En fait, pour une ferme de 7 à 10 ha de 1 million de francs, le cultivateur paye un loyer de 90 à 100.000 frs par an pendant 20 ans.

Migrations. Autres réformes souhaitables

Nous avons, en commençant cet exposé, indiqué que de 1929 à 1950, le nombre des exploitations de – de 5 ha a diminué de 163.616 unités, celles de + de 50 ha a diminué de 394 unités, soit une diminution totale de 164.010 unités.

Par contre, les exploitations comprises entre 5 et — de 50 ha ont vu leur nombre augmenter de 7.391 unités. Cela signifie donc que 4,7 % des exploitations disparues sont passées, par une augmentation ou une diminution de leur étendue, dans les exploitations comprises entre 5 et — de 50 ha, mais qu'un nombre élevé d'exploitations ont complètement disparu.

Pour être complet, remarquons que si nous négligeons les exploitations de moins de 1 ha, dont assez bien ne procurent qu'un revenu d'appoint sauf quand on s'y livre notamment à l'horticulture, le nombre d'exploitations disparues entre 1929 et 1950 n'est plus que de 47.719 au lieu de 164.010, soit 47.315 de 1 à — de 5 ha et 404 de + de 50 ha.

La diminution des exploitations de ces catégories semble avoir commencé vers 1880 ; les recensements mentionnent :

	Exploitations existantes de 1 à-5 ha.	% de ces exploitations dans celles de 1 ha et plus	Exploitations existantes de 50 ha. et plus	% de ces exploitations dans celles de 1 ha. et plus
1846	165.933	28,98	4.333	0,76
1895	191.833	23,12	3.584	0,43
1929	194.914	17,23	2.490	0,22
1950	147.599	15,15	2.096	0,22

Nous avons signalé antérieurement aussi que le pourcentage de la population agricole active dans la population active totale était passé de 52 % en 1846 à 9,9 % en 1954. Ce phénomène est général dans les pays du marché commun.

Ces chiffres sont la mesure des migrations de la population agricole, cultivateurs et ouvriers, vers les autres secteurs de l'économie.

C'est l'insuffisance des revenus des petits cultivateurs et des ouvriers agricoles qui a provoqué ces migrations. Nous avons indiqué les principales causes de cette insuffisance pour les cultivateurs. Ajoutons que nos lois successorales ont aidé à faire disparaître les grandes fermes en provoquant le morcellement, chaque héritier intervenant pour une part égale.

En ce qui concerne les ouvriers, l'adaptation de leurs salaires aux taux dans l'industrie pourrait arrêter les migrations. Pour les cultivateurs, les migrations sont un phénomène normal, chacun recherche la productivité marginale et la meilleure rémunération des facteurs qu'il peut engager dans la production. Si ces conditions étaient réalisées dans une mesure égale dans l'agriculture et les autres secteurs d'activité, les migrations ne se justifieraient plus. On comprend que toutes les formes de protection et de subventions dont notre agriculture a joui ont retardé les migrations, de même que le coopératisme, l'enseignement, la vulgarisation, etc... bref tout ce qui a aidé à conserver à des agriculteurs un revenu suffisant.

Nous partageons l'avis reproduit ci-après de la Commission de l'agriculture de la Communauté économique européenne en matière de moyens à mettre en œuvre pour améliorer le revenu agricole. Cette commission estime que les mesures ressortissant à la politique du marché et des prix (celle que notamment notre pays a suivie) ne peuvent éliminer les causes de l'insuffisance du revenu et que seule l'amélioration de la structure agricole permettra l'accroissement de la productivité car elle crée les conditions favorables à l'application des plus récents progrès techniques, à l'expansion rationnelle de la production et à l'utilisation optimum des facteurs de production.

On a cru jusqu'ici qu'en fixant des prix de direction, valorisés pour les produits agricoles, on résoudrait le problème social en agriculture.

On perdait de vue que l'on poussait ainsi à produire tous ceux en mesure de le faire à ce prix et au-dessus de ce prix. Il en résulte la surproduction par rapport à la consommation nationale possible.

L'amélioration de la structure agricole ne peut s'effectuer que dans le cadre du développement économique de la région. C'est dire que la création d'exploitations plus étendues et rationnellement gérées ne doit pas avoir pour effet de détruire la société rurale. Une banque européenne d'investissement est prévue par le Traité de Rome pour promouvoir l'économie régionale.

Par la création de possibilités industrielles de travail, les personnes qui n'obtiennent pas dans l'agriculture un revenu satisfaisant, seront amenées à engager d'une façon productive leur travail dans d'autres branches économiques. Parmi les mesures pour rendre plus mobile la main-d'œuvre agricole se trouvent des conseils orientés vers la conversion des exploitations et l'aide pour la réorientation professionnelle. La promotion des exploitations familiales revêt une importance particulière. La structure agricole qu'il faut viser peut être réalisée par des mesures portant sur la transplantation hors des villages trop à l'étroit, les améliorations foncières, le remembrement des exploitations parcellées, l'amélioration de la voirie rurale, la conquête de nouvelles terres (friches, marais), l'agrandissement des exploitations à étendue insuffisante et par le développement des secteurs : industrie, artisanat et services.

La C. E. E. estime que les exploitations ne disposent pas d'une étendue suffisante de terres cultivées partout où des cultures spéciales ou la mise en application de systèmes d'exploitation très intensifs ne sont pas possibles à la suite de conditions naturelles et économiques défavorables. Leur étendue est ainsi inférieure à la superficie minimum des exploitations familiales qui sont à rechercher comme base de structure agricole. Leur situation socio-économique devient également peu satisfaisante s'il n'existe pas, en dehors de l'agriculture, des possibilités suffisantes pour se créer des revenus d'appoint.

Toute adaptation des structures agricoles requiert des investissements en capitaux généralement importants. Les intéressés eux-mêmes ne peuvent mobiliser ces capitaux par l'épargne individuelle. Il faut compléter les moyens d'investissements par une aide continue de la collectivité. Signalons à ce sujet que notre ministre de l'agriculture a déposé récemment au Sénat un projet de loi créant un Fonds d'investissement agricole tenant compte que la situation qui sera créée par la Communauté obligera certainement des exploitants à modifier la nature de leurs entreprises. Cette reconversion posera des problèmes d'investissement et de crédit. Le Fonds accordera des emprunts à taux réduit et sous garantie de l'État.

Les projets des États du Marché Commun devront être conçus dans le cadre d'un vaste programme régional tant de la structure économique générale que de la structure agricole de la région considérée et devront en même temps et tout à la fois :

1) viser des objectifs ayant notamment pour résultat des entreprises — tout spécialement les exploitations familiales — qui :
   — permettent une combinaison optima des facteurs de production ;
   — présentent une structure perméable au progrès technique et adaptable aux changements, notamment des marchés et du potentiel de main-d'œuvre ;
   — permettent d'obtenir un revenu équitable ;

2) faire partie d'un ensemble d'actions synchronisées comportant notamment en plus des améliorations agricoles de base :
   — la création de nouveaux emplois ; c'est surtout dans l'industrie qu'il faudra une place pour la main-d'œuvre agricole excédentaire ;
   — une diffusion plus intense du progrès technique en agriculture ;

3) présenter l'assurance de la pérennité des résultats acquis notamment par l'existence de dispositions légales, réglementaires ou contractuelles empêchant tout retour à la situation originelle.

La Communauté estime que nous n'augmenterons pas la productivité de la main-d'œuvre par la seule intensification de la production et que nous n'atteindrons seulement ce but que si, réduisant le nombre de travailleurs, ceux qui restent, après une génération, accomplissent un travail entièrement productif.

J'estime, quant à moi, pouvoir me rallier à ces projets. Je suis satisfait de ce que, sur ma proposition, le conseil académique de notre Institut a décidé de conférer le titre de docteur honoris causa à M. Sicco Leendert Mansholt, un des promoteurs de la Communauté économique européenne, auteur du plan portant son nom et qui fut le prélude de la Communauté, vice-président de la Communauté et président du groupe agricole.

Résumé.

Entre 1929 et 1950, le nombre des exploitations de 1 à moins de 5 ha ayant disparu est de 47.719 ; il est de 163.616 unités en tenant compte aussi de celles de moins de 1 ha. En outre, 394 exploitations de plus de 50 ha ont aussi disparu. Par contre, les exploitations comprises entre 5 et moins de 50 ha ont vu leur nombre augmenter de 7.391 unités. Cela signifie que 4,7 % des exploitations disparues sont passées parmi les exploitations comprises entre 5 et moins de 50 ha, mais qu'un nombre élevé d'exploitations ont complètement disparu.

Les migrations des cultivateurs et ouvriers agricoles se sont faites surtout vers l'industrie et on peut les attribuer surtout à l'insuffisance et à la diminution du revenu de l'agriculture. Les migrations de petits cultivateurs eussent été plus nombreuses encore sans les liens les retenant en leur ferme et aussi parce que les petits cultivateurs sont gens à vie modeste.

En 1846, la population active agricole représentait 52 % de la population active totale et 9,9 % en 1954. Pour l'industrie, ces pourcentages étaient de 35 % en 1880 et de 49 % en 1947 et pour le commerce de 9 % en 1880 et de 19 % en 1947. D'autre part, le revenu des cultivateurs exprimé en pour cent du revenu national est moindre que le pourcentage de la population active agricole dans la population totale : soit respectivement 6,2 % et 9,9 % en 1954. Le caractère familial et la mécanisation des petites fermes se sont accentués. Pour l'année comptable 1957-1958, d'après la Station d'économie rurale de Gand et pour les exploitations jusqu'à 7 ha, le rendement net et l'écart de rendement net moyens sont négatifs ; ce dernier est négatif même dans les exploitations jusqu'à 25 ha, qui ne rapporteront aucun ou guère d'intérêt pour les capitaux en propriété et dont une partie de la rémunération du travail du cultivateur et de sa famille a dû être affectée au paiement des frais de production.

Dans les fermes de moins de 7 ha et pour la même année, le revenu moyen par heure du travail familial et par unité était de 18,26 fr et le revenu net moyen de 22,76 fr.

L'insuffisance du revenu des petites exploitations, cause principale des mutations, est due notamment à ce qui suit : morcellement cultural exagéré, parcellement excessif, revenus d'appoint insuffisants, surcapitalisation, adoption insuffisante des progrès techniques, mécanisation insuffisante et main-d'œuvre familiale excédentaire, coûts de production plus grands pour de nombreux produits, inélasticité de la demande des produits agricoles, importation des produits agricoles, ventes et achats moins avantageux et coopération insuffisante, crédit inconsidéré.

L'augmentation du revenu agricole et des salaires des ouvriers agricoles pourrait arrêter les mutations. Ce serait le cas si les salaires agricoles étaient adaptés à ceux consentis par l'industrie et si la rémunération des facteurs engagés dans la production agricole était égale dans les industries et les autres secteurs d'activité.

Nous partageons l'avis de la Commission de l'agriculture de la Communauté économique européenne : les mesures ressortissant à la politique des marchés et des prix (notamment la politique que notre pays a suivie) ne peuvent éliminer les causes de l'insuffisance du revenu et seule l'amélioration de la structure agricole permettra l'accroissement de la productivité car elle crée les conditions favorables à l'application des plus récents progrès techniques, à l'expansion rationnelle de la production et à l'utilisation optimum des facteurs de production. On a cru jusqu'ici qu'en fixant des prix de direction valorisés pour les produits agricoles on résoudrait le problème social en agriculture. On perdait de vue que l'on poussait ainsi à produire tous ceux en mesure de le faire à ce prix et au-dessus de ce prix. Il en résulte la surproduction par rapport à la consommation nationale possible.

L'amélioration de la structure agricole ne peut s'effectuer que dans le cadre du développement économique de la région. Par la création de possibilités industrielles de travail, les personnes, qui n'obtiennent pas dans l'agriculture un revenu satisfaisant, seront amenées à engager d'une façon produc-

tive leur travail dans d'autres branches économiques. Il faut poursuivre la création d'exploitations familiales avec un revenu équitable : par l'agrandissement de celles à étendue insuffisante ; le remembrement parcellaire ; la conquête de nouvelles terres ; les améliorations foncières ; l'amélioration de la voirie rurale ; les conseils pour la gestion rationnelle, technique et économique des fermes ; les revenus d'appoint ; le développement des secteurs industriel, artisanal, des services ; la mécanisation rationnelle ; la réduction du nombre des travailleurs ; l'augmentation de la consommation des aliments d'origine animale. Les associations agricoles aideraient positivement si elles prenaient en charge la tenue des comptabilités globales de leurs membres. L'enseignement agricole devrait être diffusé sur les plans technique, comptable et économique. La réorientation professionnelle de l'excédent de main-d'œuvre familiale serait aidée si les écoles d'agriculture et d'horticulture s'adjoignaient l'apprentissage des métiers artisanaux et industriels, et les écoles ménagères agricoles celui des métiers féminins, couture, esthétique, diététique, secrétariat, etc... Les conditions du crédit agricole devraient être améliorées. La coopération devrait être développée pour la vente des produits agricoles et leur transformation industrielle, l'achat des matières premières.

Shortcomings, desirable reform of small agricultural holdings in Belgium

SUMMARY.

During the period 1929-1950, 47.719 holdings of 1 to 5 ha have disappeared ; they now total 163. 616, including those under 1 ha. Moreover, 394 farms of over 50 ha have also disappeared. On the other hand, the number of 5-50 ha farms has increased by 7.391. This means that 4,7 per cent of this decrease has been recovered in the 5-50 ha group, but that a large number of holdings have disappeared completely.

The migration of farmers and farm labour has mainly turned towards industry and is largely due to low farm profits. This movement would have taken even greater proportions, were it not for the peasant's attachement to his land and his complying with a modest standard of living.

In 1846, the active agricultural population amounted to 52 per cent of the total active population ; in 1954 this figure was 9,9 per cent. In the industry the percentage was 35 per cent in 1880 and 49 per cent in 1947 : in the trade, 9 per cent in 1880 and 19 per cent in 1947. On the other hand, agricultural income expressed in per cent of the national income is lower than the active population percent involved : 6,2 per cent and 9,9 per cent respectively (1954). Lately, mechanization and the family form of enterprise of small farms have developed.

According to the Agricultural Economics Research Station at Gent, farm accounts for the year 1957-58 show that the net return on capital is negative for farms up to 7 ha ; this is also the case for farms up to 25 ha, which produce little or no interest on the principal in ownership and where even the salary of the farmer and his family has to be drawn on, to a certain extent, to cover production costs.

In the same year, for farms of less than 7 ha, the average income per family labour unit and per hour amounted to 18,26 fr and the net average income to 22,76 fr.

The inadequacy of the income on small holdings, which is the main cause of migrations, can be explained by : diminutive size of cultivated plots, excessive parcelling out, insufficient extra earnings, overcapitalization, insufficient adoption of technical progress, insufficient mechanization and excess family labour, higher production costs in a large number of cases, inelasticity of demand for agricultural produce, importation of agricutural produce, less advantageous sale and purchase conditions, insufficient cooperation, inconsiderate use of credit.

Migrations could be stopped by increasing the agricultural income and the wages of farm labourers. It would be so if wages in agriculture were to be on a line with those paid in industry and if the remuneration of the factors engaged in agricultural production were on the same level as in industry or in the other sectors of economic activity.

We agree with the Committee of Agriculture of the European Economic Community : the measures refering to market and price policies (e.g. the policy followed in this country) can not eliminate the causes of the inadequacy of income ; only structural improvement of agriculture will make possible an increase of productivity, as it creates favourable conditions for applying the most recent technical advances, for a rational increase of production and an optimal use of production factors. It has been thought till now that by fixing adequate pilot prices for agricultural produce it would be possible to solve the social problem in agriculture : in fact, this means encouraging those in a position to do so, to produce at the fixed prices or at even higher prices. This results in a production over and above the possible national consumption.

Structural improvement of agriculture can only be carried out inside the framework of regional economic development. By creating possibilities for working in industry, those who can not earn a satisfactory income from their agricultural activities, will be encouraged to engage in productive labour elsewhere. The creation of family enterprises giving equitable returns must be pursued further : by increasing the size of the smaller farms, land re-allotment and reclaiming, soil improvement, improvement of rural communications, advisory service on rational technical and economic farm management, extra earnings, industrial development, handicrafts and services, rational mechanization, reduction of the number of labour units, increasing consumption of food of animal origin. The farmers association could actively contribute by taking in hand book-keeping for their members. Agricultural teaching should be extended and include technical aspects, accounting and economics. The vocational training of the excess family labour would be encouraged if agricultural and horticultural schools were also to teach handicrafts and industrials trades ; and the agricultural home economics schools, suitable crafts for girls e.g. sewing, esthetics, dietetics, secretariat, etc. The agricultural credit facilities should be enlarged and cooperation developed for the selling of agricultural produce, their industrial transformation and the purchase of raw materials.

Mängel, wünschenswerte Reform der kleinen landwirtschaftlichen belgischen Betriebe

ZUSAMMENFASSUNG.

Die Zahl der Betriebe von 1 bis wenigstens 5 Ha, die von 1929 bis 1950 verschwunden sind, ist 47.719. Diese Zahl ist 163.616, wenn man auch die von weniger als 1 Ha mitrechnet. Ausserdem sind auch 394 Betriebe von mehr als 50 Ha verschwunden. Die Betriebe, die eine Grösse von 5 und wenigstens 50 Ha haben, haben im Gegenteil ihre Zahl um 7.391 Einheiten vergrössert. Dieses bedeutet, dass 4,7 % der verschwundenen Betriebe in die zwischen 5 und weniger als 50 Ha grossen Betriebe übergegangen sind, dass aber auch eine grosse Anzahl von Betrieben vollständig verschwunden sind.

Das Abwandern der Bauern und der Landarbeiter ist vor allem zur Industrie vor sich gegangen und kann dem ungenügenden und verminderten Einkommen der Landwirtschaft zugebucht werden. Diese Abwanderungen der kleinen Bauern wären noch zahlreicher gewesen, wenn die Bande sie nicht auf ihrem Hof zurückgehalten hätten, und auch weil die kleinen Bauern an ein mässiges Leben gewöhnt sind.

Im Jahre 1846 beträgt die aktive landwirtschaftliche Bevölkerung 52 % der gesamten aktiven Bevölkerung, und 9,9 % im Jahre 1954. Was die Industrie anbetrifft, waren diese Werte 35 % im Jahre 1880 und 49 % im Jahre 1947 und für den Handel 9 % im Jahre 1880 und 19 % im Jahre 1947. Andererseits ist das Einkommen der Bauern in Prozent des nationalen Einkommens ausgedrückt geringer als der Prozentsatz der landwirtschaftlichen Bevölkerung im Vergleich zur gesamten Bevölkerung : diese Werte sind 6,2 % und 9,9 % für 1954. Der Familienkarakter und die Mechanisierung der kleinen Betriebe haben sich verstärkt. Nach Angaben der landwirtschaftlichen-ökonomischen Station von Gent war für das Rechnungsjahr 1957-1958 und für die Betriebe bis zu einer Grösse von 7 Ha der Netto-Ertrag und das Abweichen vom Durchschnittsertrag negativ ; dieser letztere ist sogar negativ für die Betriebe bis zu einer Grösse von 25 Ha, die keine oder kaum Zinsen für das Eigentumskapital eingebracht haben, und von dem ein Teil des Arbeitslohns des Bauern und seiner Familie zum Bestreiten der Produktionskosten hat aufgewendet werden müssen.

In den Höfen von weniger als 7 Ha und für das gleiche Jahr war das Durchschnittseinkommen pro Stunde Familienarbeit und Einheit 18,26 Franken und das Durchschnittsnettoeinkommen 22,76 Franken.

Die Unzulänglichkeit des Einkommens der kleinen Betriebe, Hauptgrund der Abwanderungen, rührt vor allem von den nachstehenden Gründen her : übertriebene landbauliche Zerstückelung, übertriebene Parzellierung, ungenügendes Einkommen, Überkapitalisierung, ungenügende Anwendung des technischen Fortschritts, ungenügende Mechanisierung und Überschuss der Familienarbeitskraft, für zahlreiche Erzeugnisse grössere Herstellungskosten, Unausgeglichenheit der Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten, Einfuhr von landwirtschaftlichen Produkten, weniger vorteilhafte Verkäufe und Käufe und ungenügende Zusammenarbeit, unbedachter Kredit.

Die Erhöhung des Landwirtschaftlichen Einkommens und der Löhne der Landarbeiter könnten diese Abwanderungen eindämmen. Dieses wäre der Fall, wenn die landwirtschaftlichen Löhne denen angeglichen wären, die die Industrie gewährt, und wenn die Bezahlung der in der landwirtschaftlichen

Produktion beteiligten Faktoren der in den Industrien und den anderen Sektoren gleich wäre.

Wir sind auch der Ansicht wie die landwirtschaftliche Kommission des gemeinsamen europäischen Marktes : die Massnahmen, die die Markt- und Preispolitik (vor allem die Politik, die unser Land befolgt hat) bestimmt, können die Gründe des ungenügenden Einkommens nicht ausschalten, nur allein eine Verbesserung der landwirtschaftlichen Struktur wird eine Produktionszunahme erlauben, da diese die günstigen Bedingungen für die Anwendung der neuesten technischen Fortschritte, der vernunftgemässen Ausweitung der Produktion und der Optimalanwendung der Produktionsfaktoren schaffen. Man hat bisher geglaubt, dass, wenn man Richtlinienpreise für die landwirtschaftlichen Erzeugnisse festsetzt, das soziale Problem in der Landwirtschaft gelöst sein würde. Man vergisst dabei, dass man allen denen Vorschlub leistete, denen es möglich war, zu diesen oder über diesen Preisen zu produzieren. Dieses zieht eine Überproduktion in Beziehung auf den möglichen nationalen Verbrauch nach sich.

Die Verbesserung der landwirtschaftlichen Struktur kann nur im Rahmen der ökonomischen Entwicklung des Gebietes vor sich gehen. Durch die Schaffung von industriellen Arbeitsmöglichkeiten werden diejenige, die kein genügendes Einkommen in der Landwirtschaft finden, dazu gebracht, ihre Arbeit in produktiver Weise in anderen ökonomischen Sektoren unterzubringen. Man muss fortfahren, Familienbetriebe mit genügendem Einkommen zu gründen : durch Vergrösserung derjenigen deren Grösse ungenügend ist ; Flurbereinigung ; Urbarmachung neuer Ländereien ; Bodenverbesserungen ; Verbesserung des ländlichen Strassennetzes ; Ratschläge für eine vernunftgemässe technische und ökonomische Verwaltung der Höfe ; das Einkommen ; die Entwicklung der industriellen und handwerklichen Sektoren, der Dienststellen ; die vernunftgemässe Mechanisierung ; die Verringerung der Arbeiterzahl ; Vergrösserung des Nahrungsverbrauchs tierischer Herkunft. Die landwirtschaftlichen Vereinigungen würden positiv helfen, wenn diese sich mit der Buchführung ihrer Mitglieder befassen würden. Der landwirtschaftliche Unterricht müsste sich auf den technischen und den ökonomischen Teil und auf die Buchführung erstrecken. Der Berufsorientierung des Überschusses der Familienarbeitskraft wäre geholfen, wenn die landbaulichen und gartenbaulichen Schulen sich das Erlernen von handwerklichen und industriellen Berufen, und die des landwirtschaftlichen Haushalts das Erlernen der weiblichen Berufe, wie Schneidern, Ästhetik, Ernährung, Sekretärin usw. angliedern würden. Die Bedingungen des landwirtschaftlichen Kredits müssten verbessert werden. Das Genossenschaftswesen müsste für den Verkauf der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und ihre industrielle Verarbeitung und den Ankauf von Rohstoffen entwickelt werden.

Réflexions sur la structure et l'évolution des exploitations agricoles

par L. Malassis

Professeur-Directeur de la Station d'Économie et de Sociologie rurales à Rennes (France)

1. Au cours de ces dernières années, l'*analyse de l'économie des exploitations agricoles* et le *perfectionnement des techniques de gestion* ont connu un grand succès en Europe et des progrès remarquables ont été réalisés. Ces progrès résultent à la fois de l'évolution du comportement des agriculteurs vis-à-vis du « calcul économique » et de l'action d'un nombre de plus en plus grand de *chercheurs*, de *spécialistes* et de *vulgarisateurs*. Les *organismes internationaux*, et plus particulièrement O.E.C.E. et F.A.O., ont joué un rôle déterminant dans le progrès et la diffusion des méthodes, par le moyen de *sessions* et de *publications* qui ont permis la *confrontation des idées et des réalisations*. Il n'est pas excessif de dire que les méthodes utilisées dans les pays européens résultent toutes, à des degrés divers, d'une collaboration internationale et cet aspect mérite d'être souligné.

2. L'évolution récente a contribué à faire de plus en plus de l'*économie rurale* une *science d'observation*. L'économiste rural *observe*, *décrit*, *interprète*, en *déduit des règles pour l'action*, *vérifie*.

L'observation des exploitations agricoles s'est développée en utilisant les procédés traditionnels de la *comptabilité*, mais elle a pu être rapidement étendue en utilisant la méthode dite des « enquêtes de gestion ». Ces enquêtes ont pour objet de rassembler des données, permettant de décrire les *structures* et de calculer les *résultats sociaux*, *techniques*, *économiques*, et *financiers* des exploitations agricoles. Dans la plupart des pays, le développement de la comptabilité et des enquêtes de gestion a été stimulé par les pouvoirs publics, les services de recherches et de vulgarisation et, dans certains pays, et notamment en France, ces enquêtes sont organisées par les agriculteurs eux-mêmes, à l'intérieur des « centres de gestion et d'économie rurale ». Ces centres sont au nombre d'environ 70 en 1960. Au cours de ces dernières années, quelques enquêtes de gestion ont même été réalisées en utilisant la méthode des *sondages* qui permet de généraliser les résultats de l'*échantillon à l'ensemble économique* dont il est issu. Un véritable « système d'observation » a été construit, allant du plus simple au plus complexe, d'observations de *cas* à des observations *généralisables*.

3. Les exploitations *observées* peuvent être *décrites*, *caractérisées*, *classées* en utilisant des *critères* et des *coefficients appropriés*. Les économistes ruraux, les agronomes, et de plus en plus les agriculteurs sont familiarisés avec des coefficients comme ceux-ci : surface agricole utile (S.A.U.) par unité de travail (U.T.H.) ; unités de gros bétail (U.G.B.) par S.A.U. ; U.G.B. par U.T.H., etc., etc...

Des « unités de référence » destinées à faciliter la *comparaison* des exploitations sont systématiquement utilisées : unité fourragère, unité de gros bétail, unité de traction, unité de travail, etc..., des tableaux, des abaques, et même des règles à calcul spéciales ont été construites pour faciliter et accélérer les calculs. Il est curieux de constater que, jusqu'à maintenant, la *calorie alimentaire* n'a pas été utilisée. Ceci peut s'expliquer par les difficultés auxquelles on se heurte quand on veut utiliser cette unité de référence *au niveau de l'exploitation* et probablement aussi parce que le développement de l'analyse des exploitations a été motivée, jusqu'à maintenant, par des préoccupations de « gestion », et donc de « revenu ». L'expression des résultats de l'exploitation en calories ouvrirait probablement des perspectives nouvelles à la recherche économique.

Les coefficients actuellement calculés sont déjà très nombreux, de l'ordre d'une centaine pour une exploitation. Ils concernent la *dimension*, la *structure* et les *résultats monétaires* de l'exploitation. Un aspect important de l'analyse consiste à *déterminer les critères les plus fondamentaux*, compte tenu des buts de l'observation et du *contexte régional*. Par exemple, dans une région à *forte pression démographique* on s'attachera plus particulièrement au calcul de S.A.U. par U.T.H., du *produit brut* par S.A.U., et du *produit brut* par U.T.H.

Dans certains pays, et notamment en *France*, une nouvelle orientation a été donnée à l'analyse des exploitations : les coefficients ne se rapportent pas seulement aux moyens utilisés et aux résultats obtenus par Ha, mais, de plus en plus, *aux moyens et résultats par unité de travail* : surface, capital, nombre d'U.G.B., produit brut, valeur ajoutée, revenu agricole par U.T.H., *le travailleur agricole est ainsi situé au centre des préoccupations de l'économiste rural.*

4. Depuis la fin du XIX^e^ siècle, *la théorie économique*, et plus particulièrement la théorie marginaliste, fournit un ensemble de principes susceptibles de guider les décisions de l'entrepreneur. Jusqu'à ces dernières années, ces principes étaient *peu appliqués*, car l'agriculture n'avait pas, dans son ensemble, atteint le stade « économique », et ils étaient d'ailleurs *peu applicables*, faute de données et de « techniques de gestion » commodément utilisables.

Dans les économies en cours de développement où la menace de la famine subsiste, le critère de la bonne gestion peut être celui des quantités produites par ha et plus précisément du *nombre de personnes nourries par ha.*

Dans les économies occidentales de la fin du XIX^e^ siècle, où le progrès technique avait définitivement écarté le spectre de la famine et permettait d'accroître sans cesse la quantité de denrées alimentaires disponibles par habitant, le critère de la bonne gestion demeura *d'ordre technique* : les « primes d'honneur » et autres formes de « récompenses » étaient décernées aux agriculteurs qui obtenaient les *rendements physiques* les plus élevés, qui récoltaient les plus beaux fruits, dont les fermes étaient les « mieux tenues », qui atteignaient « le plus haut degré de technicité ».

Un aspect essentiel de l'évolution sociale récente, particulièrement *manifeste en France*, est l'aspiration déclarée des agriculteurs au « bien-être économique ». Les jeunes agriculteurs — et surtout les jeunes filles — aspirent au logement convenable, à l'eau sur l'évier, à la machine à laver, à l'automobile, aux voyages professionnels, aux loisirs organisés, etc...

Cette évolution des comportements a de nombreuses causes, dont la principale nous semble être la *pénétration des sociétés agricoles par les sociétés urbaines*, pénétration qui s'effectue de bien des façons.

Face à cette aspiration au bien-être, les comportements des jeunes agriculteurs peuvent être schématisés comme suit.

1°) Certains jeunes considèrent que *le métier d'agriculteur n'est pas en mesure de leur donner le bien-être qu'ils souhaitent et ils se refusent à poursuivre l'activité agricole.* Les parents ne les encouragent d'ailleurs pas à persévérer. Sur 142 agriculteurs interrogés au cours d'un sondage récent effectué dans une petite région à faible revenu agricole de la Bretagne, 49 % ont répondu qu'ils souhaitent *qu'aucun de leurs enfants ne restent à la terre.* Il est important de noter que le pourcentage de refus est d'autant plus élevé que l'*exploitation est plus petite.*

Il est de 77 % dans les exploitations de 0 à 5 ha,
52 % dans les exploitations de 5 à 10 ha,
35 % dans les exploitations de 10 à 20 ha,
15 % dans les exploitations de plus de 20 ha.

On trouvait dans cette région, en 1938, de jeunes ménages qui acceptaient de faire de l'agriculture, avec comme perspective économique le produit de quelques vaches laitières ; on n'en trouvera bientôt plus ayant si peu d'exigences et je ne suis pas de ceux qui le regrettent.

2°) D'autres jeunes considèrent que l'agriculteur, pour améliorer son bien-être, *doit contrôler son revenu*, en d'autres termes, *introduire systématiquement le calcul économique dans son processus de décision. L'agriculture atteint le* « stade économique », la multiplication des C.E.T.A. et des centres de gestion en *France* traduit cette évolution. L'introduction du calcul économique dans les *zones d'agriculture familiale* aura d'importantes conséquences économiques, sociales et politiques. Le problème majeur de la *politique économique*, concilier l'intérêt général et celui des producteurs dont l'action est conforme à l'intérêt général, devra être résolu.

Pour contrôler et améliorer son revenu, l'agriculteur a besoin de techniques : *d'où la réceptivité de la profession aux recherches ayant pour objet le perfectionnement des méthodes de gestion.*

5. Les Economistes ruraux disposent maintenant d'un « arsenal de méthodes » qu'il n'est pas facile de classer commodément, mais dont la dénomination évoque, pour la plupart des spécialistes européens, un ensemble de procédés connus : *comparaison des exploitations réelles* (de tête, intermédiaire, de queue), *budgets partiels et globaux*, *budgets programmes*, *techniques de programmation linéaire*, *des modèles*, etc... Une nouvelle catégorie de techniciens est apparue : *les spécialistes de la gestion des exploitations agricoles.*

Un aspect important de l'évolution des secteurs industriels et commerciaux, au cours des XIX^e^ et XX^e^ siècles, a été *la division du travail de direction et d'exécution* : la gestion de l'entreprise résulte de l'*action coordonnée* ou de la *consultation* d'un nombre de plus en plus grand de *spécialistes*. H. Fayol, fondateur en *France* de la « doctrine administrative », a résumé les aspects fondamentaux de la gestion dans la règle dite des cinq infinitifs ; *administrer : c'est coordonner, prévoir, organiser, commander, contrôler.*

Dans la grande entreprise, la fonction de *coordination* est assurée par le *directeur général*, celle de *prévision* nécessite de plus en plus la *participation* des *spécialistes des études de marchés*, celle d'*organisation* la participation des *ingénieurs conseils* ; la fonction de *commandement* est assurée par les *chefs de service* et les chefs d'ateliers ; la fonction de *contrôle* par les vérificateurs spécialisés et par les comptables. Un grand nombre d'entreprises ont leur *bureau d'étude*, où des *chercheurs* s'efforcent de découvrir, d'inventer et d'innover. Il existe même des spécialistes du *lancement d'affaires* appelés *promoteurs.*

A chacune des *formes de l'action* correspond des *spécialistes*, mais aussi des *techniques appropriées* : technique comptable, budgétaire, statistique, etc... et même des *instruments de plus en plus perfectionnés* : machines comptables, machines à calculer, matériel mécanographique, calculateur électronique, systèmes de graphiques et de plans, etc...

En agriculture, comme dans les autres secteurs de l'économie, la fonction de gestion s'est divisée, mais l'évolution est plus *lente* et elle a pris une forme *originale*, en relation avec le caractère artisanal de l'agriculture.

Les Services publics, ou les groupements professionnels, ont pris l'initiative de mettre des techniciens à la disposition des agriculteurs, en vue de les aider dans l'accomplissement de leur tâche. Des services techniques de recherches et de vulgarisation ont été organisés dès la fin du XIX^e^ siècle et développés au cours du XX^e^ siècle ; depuis la dernière guerre, cette action s'est intensifiée.

L'organisation de la tenue et de l'exploitation *de comptabilités agricoles* sous forme collective a commencé en Europe dès la fin du XIX^e^ siècle ; mais c'est surtout depuis la dernière guerre que l'observation économique des exploitations agricoles a été développée, que ces observations ont été *systématiquement* utilisées pour la *gestion* des exploitations et que, dans certains pays, ont été organisés les premiers services de *recherches* et de *vulgarisation économiques*.

Les vulgarisateurs furent longtemps des « techniciens polyvalents » susceptibles de conseiller l'agriculteur dans les différentes branches de la production : les céréales, les fourrages, le lait, la mécanisation, les bâtiments, etc...

Par suite de l'*accélération du progrès technique* et de la difficulté qui en résulte de se tenir *informé* et donc *compétent*, la nécessité de la *spécialisation* est clairement apparue. De plus en plus, les services de *propagation du progrès en agriculture* combinent l'action de vulgarisateurs polyvalents et celle des spécialistes. A l'agronome spécialisé dans la production végétale, la production fourragère, la production laitière, etc..., s'est ajouté récemment « l'agronome économiste ».

Il importe aussi de souligner que les « C.E.T.A. » et les « Centres de gestion » sont en *France* de véritables « Bureaux d'études » organisés *par* les agriculteurs pour les aider à résoudre *leurs* problèmes de gestion.

Dans l'état actuel de l'évolution, si la petite dimension relative de l'exploitation agricole ne permet pas une division du travail de direction, aussi poussée que dans la grande entreprise du secteur industriel, les conditions de la gestion se sont pourtant profondément modifiées depuis la fin du XIX^e^ siècle. Sous l'impulsion des pouvoirs publics et de la profession, la tâche de l'exploitant s'est trouvée facilitée par le *développement du conseil sous toutes ses formes. Le nombre de chercheurs et de vulgarisateurs par agriculteur est devenu un bon indice pour apprécier le degré de développement d'une agriculture.*

6. Nous nous sommes attaché à décrire, peut-être trop longuement, l'évolution des techniques d'analyse de l'exploitation agricole et le

perfectionnement des techniques et de l'organisation de la gestion, évolution qui se trouve liée à celle du comportement des agriculteurs et à leurs aspirations au bien-être économique, car il nous semble que nous sommes en présence d'une *vision nouvelle* de *l'économie rurale*, en relation avec une *nécessaire adaptation des structures agricoles de la production* et des *modes de vie des agriculteurs*. Pourtant, si les données s'accumulent et si les méthodes se perfectionnent, l'économiste n'est pas encore à même de répondre *concrètement* à un certain nombre de questions fondamentales. Par exemple, quelles sont, pour une région donnée et un système de production donné, *la dimension et la structure optima des exploitations agricoles* ? Nous pouvons certes affirmer qu'il sera possible dans un avenir rapproché de « construire » des « modèles », ou « exploitations de référence », susceptibles de nous aider à résoudre un grand nombre de problèmes qui se posent à propos de la dimension et de la structure des exploitations. Mais il restera toujours à confronter le point de vue de l'*économiste* avec celui du *sociologue*, et les responsables des *décisions politiques* devront aussi prendre en considération de nombreux facteurs extra-économique liés, par exemple, à la nécessité de promouvoir un *processus simple* d'adaptation et de transformation des structures. Cela va sans le dire et encore mieux en le disant, le *rôle de la recherche et du « conseil économique » est exclusivement d'éclairer les décisions des responsables de la gestion à tous les degrés : exploitants agricoles, groupements professionnels, titulaires du pouvoir économique régional et national.*

7. L'exploitation familiale est le type d'exploitation le plus répandu en *Europe ;* elle est aussi considérée, le plus souvent, comme une *forme supérieure d'organisation sociale de la production agricole* et comme un élément fondamental de notre système socio-économique. Tous les pays d'*Europe* se sont prononcés en faveur de son maintien, et dans les pays où existent de grandes exploitations, liées le plus souvent à une grande propriété historique, des mesures plus ou moins efficaces ont été décidées en faveur de son développement.

L'exploitation familiale n'est pas toujours clairement définie. Au sens strict, l'exploitation familiale nous semble celle dans laquelle la famille est à la fois unité de *production*, de *revenu* et de *consommation*. Pourtant, les législations sociales admettent souvent comme « familiales » des exploitations dans lesquelles on utilise une quantité déterminée de travail salarié ; on est ainsi passé de la notion d'exploitation familiale proprement dite à celle d'exploitation de « taille familiale ».

L'exploitation familiale n'est pas nécessairement une *petite exploitation* : elle est une catégorie *socio-démographique* liée à la dimension de la famille et au rôle de la femme et des enfants dans le processus de pro-

duction ; une *catégorie géographique* liée à la nature et à la densité des espèces cultivées et élevées et finalement une *catégorie historique* liée au progrès technique : si la famille paysanne travaille en utilisant les instruments de production du XIX^e^ siècle, il lui faut pour l'occuper une surface de terre beaucoup plus petite que si elle travaille avec les instruments de production du XX^e^ siècle. Le *progrès technique* contribue à accroître sans cesse la *dimension de l'exploitation familiale*, mais la rigidité des structures peut freiner cette évolution technique.

L'exploitation familiale ne doit pas être confondue avec la petite exploitation, mais les *petites exploitations* sont le plus souvent *familiales*, et ce sont ces exploitations qui, compte tenu de l'évolution économique et sociale, posent (ou poseront), dans la plupart des pays, les problèmes de politique économique les plus aigus.

8. Les « petites exploitations familiales » sont très nombreuses en *Europe* : les pourcentages des exploitations de moins de 10 ha (les exploitations de moins de 1 ha n'étant pas comprises) sont les suivants : 73 % en Allemagne, 82 % en Belgique, 53 % en France, 66 % aux Pays-Bas et, en Italie (en n'y comprenant pas les exploitations de 0,5 à 1 ha), ce pourcentage est de 93 %.

Ces petites exploitations ne constituent pas un « ensemble homogène » ; on peut distinguer trois grandes catégories ; les exploitations de *subsistance*, de *complément* et les *exploitations commerciales*, dans lesquelles la famille s'efforce d'obtenir le *plein emploi* de sa *capacité de travail*. Les statistiques nationales, et notamment les statistiques françaises, ne distinguent pas clairement ces différentes catégories. Chacune de ces catégories posent des problèmes spécifiques, mais la catégorie qui pose les problèmes les plus importants nous semble être celle des « petites exploitations familiales commerciales de pleine activité ».

9. La classification de ces exploitations, d'après leur superficie, qui est actuellement à peu près la seule disponible dans la plupart des pays, est évidemment très peu satisfaisante. Il nous semble que le meilleur critère de la dimension économique est celui du *produit brut*, ou valeur créée dans l'exploitation au cours d'un exercice. Ce critère permet en effet de tenir compte à la fois de la *surface* et de l'*intensité* ; il est analogue au « *chiffre d'affaires* » des entreprises industrielles et commerciales.

Mais, en vue de l'*action*, la classification la plus fondamentale repose sur le *montant du revenu agricole*. Ce critère permet de distinguer les exploitations de « tête », « intermédiaire » et de « queue », en vue d'en déduire « par comparaison », des *règles pour l'action* et aussi de dégager les priorités de cette action : si l'on adopte par exemple le principe de la conservation du plus grand nombre possible d'exploitations, on posera la règle de la « priorité aux exploitations en difficulté ». Si l'on

estime au contraire qu'une certaine *concentration* est nécessaire, *un aspect fondamental de l'action sera de promouvoir les institutions du reclassement des agriculteurs.*

10. En Europe, c'est à propos des « petites exploitations familiales commerciales de pleine activité, et à bas revenu » que se pose plus particulièrement le problème de « l'exploitation viable ». Différentes mesures ont été prises en vue d'améliorer la productivité et le revenu de ces exploitations, et différents critères ont été proposés en vue d'estimer leur viabilité. Si nous voulons tenir compte de l'aspiration au bien-être des agriculteurs, il nous semble qu'un seul critère puisse être retenu : *l'exploitation viable est celle qui permet de faire vivre une famille dans des conditions satisfaisantes, compte tenu du développement économique global.* Une telle définition suggère un rapprochement entre *le compte d'exploitation* et le *budget de consommation* de la famille. La technique des budgets de consommation, si utilisée dans les milieux urbains pour définir le concept de « minimum vital », a encore été peu appliquée en agriculture, mais il n'est pas douteux qu'elle le sera dans l'avenir.

Le rapprochement de la formation du revenu agricole (compte d'exploitation) de l'utilisation de ce revenu (budget de consommation) suggère aussi que la vulgarisation ne doit pas concerner seulement l'exploitation, mais aussi le ménage : *il ne suffit pas d'apprendre à gagner, il faut encore apprendre à dépenser* ; la « révolution ménagère », la « transformation du cadre de vie » n'ont pas moins d'importance que la révolution agricole. Il semble que les pays européens devraient accorder plus d'importance dans l'avenir à leur service « d'économie domestique rurale ».

11. Si nous acceptons ce principe d'amélioration du revenu agricole et de son utilisation comme guide de l'action, on peut proposer une formule qui permet de dégager les différentes formes de l'action et d'estimer leur incidence sur le revenu agricole :

$$\text{Revenu agricole par unité de travail} = \frac{\text{Produit brut} - \text{dépenses}}{\text{Nombre de travailleurs agricoles}}$$

Nous ne pouvons envisager de développer cette formule dans le cadre de cet exposé, mais nous voudrions souligner que la *politique des prix* n'est pas toujours la plus efficace : certaines agricultures posent plus particulièrement des problèmes de conjoncture (de rapports de prix) ; mais d'autres des *problèmes de structure*, impliquant une réorganisation des structures foncières, de la dimension des exploitations, etc..., politiques qui se trouvent directement liées à celles des *migrations rurales* et de l'*industrialisation.*

12. La structure d'une agriculture nationale, et notamment la structure et la dimension des exploitations et leur productivité, s'explique certes par des facteurs internes au secteur agricole, mais elle s'explique aussi (et peut-être surtout) par la structure et le développement de l'*économie globale*. Dans les pays où le *taux d'industrialisation* est relativement élevé, le reclassement des agriculteurs dans d'autres secteurs de l'économie s'effectue sans trop de difficulté, et ce transfert professionnel est conforme à l'intérêt général. Dans les pays où le développement des secteurs extra-agricoles est freiné, faute de débouchés, de matières premières, de capitaux ou d'initiatives, *la pression démographique agricole demeure forte*, la surface disponible par travailleur est faible et une population importante poursuit son activité dans de petites exploitations. Il n'est pas excessif de dire que l'*agriculture supporte le coût du sous-développement des autres secteurs économiques* et que, dans ces conditions, *la nation doit lui venir en aide*. On s'oriente inévitablement vers des *systèmes de soutien plus ou moins coûteux*. Une solution à ces difficultés peut aussi être recherchée par un *aménagement des politiques de migration*, en vue d'un meilleur équilibre des économies régionales et *d'une mise en valeur plus rationnelle du territoire agricole*.

Résumé.

1. L'exploitation familiale est souvent considérée comme une forme supérieure d'organisation sociale de la production agricole. C'est aussi la forme de la production la plus répandue en Europe Occidentale. L'exploitation familiale a d'incontestables avantages, mais elle a aussi des inconvénients, le type réel est plus ou moins proche du type idéal vers lequel nous tendons.

2. L'exploitation familiale ne doit pas être confondue avec la petite exploitation : elle peut être de grandes dimensions.

En fait, très souvent, l'exploitation familiale est une petite exploitation ; dans ces conditions, pour estimer ses avantages et ses inconvénients économiques, il faut procéder à des études de l'incidence de la dimension sur la structure et les résultats de l'exploitation.

3. Ces études montrent que l'« effet dimension » peut parfois être mis en échec par un « effet de gestion », mais ceci implique une bonne formation et une bonne information des agriculteurs, une orientation convenable de la production et une action coopérative ; souvent, cependant, il est nécessaire d'accroître la surface agricole par unité de travail.

4. Si les conditions d'un bon fonctionnement de l'exploitation familiale ne sont pas satisfaites, ce type d'exploitation risque de ne pas répondre aux aspirations de notre temps. Il existe en Europe des zones d'agriculture sous-développées. La seule définition acceptable de l'exploitation familiale viable est celle qui consiste à poser que ce type d'exploitation doit procurer aux agriculteurs un minimum de satisfaction en relation avec le développement économique des économies nationales.

Consideration on the structure and development of farm holdings

Summary.

1. Family farming is often considered as a superior form of social organization in agricultural production. It is also the most wide-spread kind of holding in Western Europe. Family farming offers undeniable advantages, together with some drawbacks, the real type being nearer the ideal type towards which we are tending.

2. Family farming must not be mistaken for small holding, as it may be of a large size. As a matter of fact, the family holding is very often a small one ; this being so, when estimating its advantages and drawbacks, it will be necessary to examine the effect of the size of the holding on its structure and returns.

3. This leads to the conclusion that the « size factor » can sometimes be overcome by the « management factor », which implies good training and information of farmers, an appropriate method of production together with a cooperative action ; however, it is frequently necessary to increase the cultivated area per labour unit.

4. Family farming may not be able to answer the demands of our days if the conditions required for a smooth running are not satisfied. Regions with under-developed agriculture are found in Europe. The only acceptable definition for a viable family holding is to be capable of providing the farmer with a minimum of satisfaction in relation to the development of national economics.

Überlegungen die Struktur und die Entwicklung von landwirtschaftlichen Betrieben

Zusammenfassung.

1. Der Familienbetrieb wird häufig als eine höhere Form der sozialen Organisation der landwirtschaftlichen Erzeugung angesehen. Dieser ist auch die weitverbreiteste Erzeugungsform in West-Europa.

Der Familienbetrieb hat unumstrittene Vorteile, aber er hat auch Nachteile, der wirkliche Typus nähert sich mehr oder weniger dem idealen Typus, dem wir zustreben.

2. Der Familienbetrieb darf nicht mit dem Kleinbetrieb verwechselt werden : dieser kann grosse Ausmasse haben.

Sehr häufig in der Tat ist der Familienbetrieb ein Kleinbetrieb ; um unter diesen Bedingungen die ökonomischen Vor- und Nachteile abzuschätzen muss man eingehend den Einfluss der Grösse auf die Struktur und die Ergebnisse des Betriebes examinieren.

3. Dieses Studium lehrt uns, dass die « Grössenwirkung » manchmal durch die « Ausnutzungswirkung » in Schach gehalten werden kann, aber dazu ist häufig eine sehr gute Ausbildung, eine gute Information der Bauern, eine geeignete Erzeugungsorientierung und eine genossenschaftliche Zusammen-

arbeit notwendig, jedoch erweist sich eine Vergrösserung der landwirtschaftlichen Nutzfläche pro Arbeitseinheit als notwendig.

4. Falls die Bedingungen für ein gutes Funktionieren des Familienbetriebes nicht erfüllt sind, läuft dieser Betriebstypus Gefahr, nicht den Erwartungen unserer Zeit zu entsprechen. In Europa gibt es unterentwickelte landwirtschaftliche Zonen. Die einzige annehmbare Definition des lebensfähigen Familienbetriebes ist jene, die darin besteht, dass diese Art der Betriebsführung den Bauern eine Mindestmass von Genugtuung in Beziehung mit der ökonomischen Entwicklung der nationalen Ökonomie gewährleisten muss.

Physionomie socio-économique de petites exploitations agricoles belges

par A. Parmentier

Secrétaire général du Ministère de l'Agriculture, Chargé de Cours à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Durant de longues années et même de longs siècles, les petites exploitations agricoles furent prédominantes en Europe. Alors qu'un phénomène de concentration apparaissait dans d'autres secteurs économiques, leur nombre et leur structure ne changeaient guère. Aujourd'hui encore, dans plusieurs pays européens, la plus grande partie des terres cultivables est exploitée par des petites entreprises agricoles. *On peut dire que la petite exploitation familiale est une institution sociale remarquablement stable qui caractérise notre continent depuis des siècles.*

En Belgique, après la crise de la fin du siècle dernier, on constatait même un accroissement du nombre de ces petites unités, parallèlement à une augmentation du rendement des cultures et à une orientation très prononcée vers la production animale.

A partir de 1929 le nombre d'exploitations de superficie inférieure à 5 Ha diminue et l'on note en 1950 que 49 % du territoire cultivé était aux mains des exploitants de moins de 10 Ha. Le progrès technique, économique et social s'accentue ; la mentalité et la physionomie de nos campagnes se modifient profondément. L'industrialisation progresse dans certaines régions rurales, les moyens de communications se multiplient intensifiant les contacts entre les hommes des villes et ceux des campagnes.

On assiste à une migration professionnelle intense de l'agriculture vers l'atelier, l'usine, le bureau ou le commerce. C'est ainsi que le nombre de personnes actives en agriculture qui en 1856 représentait 45 % de la population active du royaume, n'atteignait plus que 21 % en 1910, 17 % en 1930, 12 % en 1947 et est bien en dessous de 10 % à l'heure présente. Ce phénomène n'a pas affecté le volume de la production agricole, bien au contraire, grâce à une sérieuse amélioration de la productivité, mais il a modifié la structure et la société rurale au sein de laquelle les agriculteurs deviennent une minorité.

Le genre et le mode de vie à la campagne se transforment de même que les mœurs et les attitudes de la population.

Aussi, les problèmes que posent les petites exploitations sont aussi nombreux que variés : ils débordent le cadre même de l'agriculture et intéressent l'ensemble du pays. Ils ont aussi leur répercussion sur le plan international et en particulier dans le cadre de la Communauté Économique Européenne.

*
* *

Qu'entend-on par petite exploitation agricole ? On retrouve ce genre d'entreprise sous des formes et des structures très diverses qui résultent des conditions naturelles, de l'influence prolongée et d'ailleurs variable de forces politiques, économiques et sociales, de la nature de spéculations entreprises, des débouchés entrevus, des aptitudes professionnelles des individus, de la dimension des familles, etc...

On pourrait définir le format de l'exploitation par sa superficie productive, par son capital, par sa main-d'œuvre ; mais des investissements peuvent remplacer de la main-d'œuvre, du capital et de la main-d'œuvre peuvent pallier le manque de terre. En d'autres termes, les facteurs de production peuvent, dans une certaine mesure, se substituer les uns aux autres. Ce phénomène est bien connu des spécialistes de la gestion dont les efforts tendent à réunir les facteurs de production en une combinaison optimum pour une situation donnée. Précisons que notre propos se limite à des exploitations purement agricoles vivant dans une économie de marché bien qu'elles soient de dimensions et de formats réduits. L'aspect de la rémunération du travail y devient prépondérant.

Priebe en suggère la définition suivante : « *Unités sociales et économiques fournissant du travail à une famille et dont l'importance économique est nécessairement limitée* ».

C'est là une définition très générale et qui ne permet pas une approche suffisante d'un phénomène concret.

D'autres ont suggéré de considérer comme petite exploitation, l'unité qui permet l'utilisation à plein temps de l'exploitant et de son successeur avec l'aide éventuelle de l'épouse de l'exploitant. Il faut en effet que l'exploitation subisse le moins possible d'à-coups, car elle doit durer pour être rentable.

Enfin, une autre définition a été présentée à l'O.E.C.E. qui vise à la fois le nombre d'unités, de main-d'œuvre et le revenu ; elle s'exprime à peu près comme suit :

une petite exploitation agricole est celle qui permet d'utiliser deux unités de main-d'œuvre et dont le revenu atteint 5.000 DM par unité (= *60.000 F.B.*)

Certes, on peut arriver de la sorte à serrer la question de plus près ; malheureusement, nous ne disposons guère de documents axés sur de

telles définitions, qui sont assez récentes. Jusqu'à présent, en effet, le critère de la superficie était le seul déterminant.

*
* *

En parcourant les dossiers du Service de Comptabilité du Ministère de l'Agriculture, ayant trait à des exploitations d'une superficie inférieure à 10 Ha, on y décèle :

— Un grand morcellement des terres.
— Des parcelles de faible étendue.
— Une plus forte proportion de terres en propriété (un peu plus d' 1/3 de la superficie totale).
— Un rendement brut très élevé à l'Ha. de superficie agricole utile (1), de loin supérieur à celui des autres catégories d'exploitation.
— Des coûts de production (2) à l'Ha très élevés pouvant dépasser le double de ceux de fermes de plus de 30 Ha (1958).
— Un écart de rendement net par S.A.U. (3) négatif.
— Un sous-emploi de la main-d'œuvre lequel s'oppose souvent à une rationalisation pourtant indispensable ;
— Un revenu familial (4) (exprimé par heure et par unité de main-d'œuvre) de moité inférieur à celui des exploitations de plus de 50 Ha ;
— Un revenu familial rapporté à l'Ha très élevé.
— Un revenu soc. l (5) élevé.
— Une productivité du travail (6) peu élevée.

(1) *Rendement brut à l'Ha de S.A.U.* = plus-value des biens obtenus dans l'entreprise en l'espace d'un an par la production, la transformation ou l'échange (= résultat de la vente des produits végétaux et animaux au cours de la campagne, défalcation faite des achats d'animaux et de certaines matières transformées relevant d'une activité annexe. Il tient compte de la variation entre la fin et le début de la campagne de produits animaux et végétaux à transformer ou à réaliser).

(2) *Coût de production à l'Ha* = frais de production (salaires, matières premières, amortissements, taxes et autres dépenses d'exploitation), + l'intérêt au taux normal de tout le capital engagé dans l'entreprise (tout l'actif).

(3) *Écart de rendement net* = rendement brut à l'Ha de S.A.U. — coût de production.

Quand il est nul, cela signifie que tous les facteurs de production : terre, capital et l'entrepreneur ont reçu une rémunération légitime et que la rentabilité de l'entreprise est normale.

(4) *Revenu familial* comprend la rétribution du travail de l'exploitant et des membres de sa famille, la rémunération de l'entrepreneur, les intérêts du capital d'exploitation en propriété et l'écart de rendement net.

(5) *Revenu social* : total des revenus que fournit l'entreprise à l'entrepreneur, à sa famille, aux salariés éventuels, aux prêteurs de capitaux, aux propriétaires fonciers et à l'État.

(6) Selon Fourastié la productivité du travail peut être définie par le rapport de la production au temps nécessaire à cette production. Ici on a exprimé le rendement brut par heure d'unité de travail ; cette prestation correspond à une heure de travail d'un ouvrier agricole qualifié âgé d'au moins 21 ans.

Le manque de productivité du travail dans les exploitations de petite superficie ou le sous-emploi de la main-d'œuvre a été confirmé par une enquête réalisée en 1949 par la Station d'Économie Rurale de Gand, auprès de ± 800 exploitations réparties dans les principales régions agricoles du pays. Le volume normal de main-d'œuvre étant exprimé par 100, les résultats se présentaient comme suit :

Superficie	Volume de main-d'œuvre
jusque 5 Ha	190
de 5 à 10 Ha	160
de 10 à 15 Ha	139
de 15 à 20 Ha	122

Ainsi qu'on le voit, l'excédent de main-d'œuvre est le plus élevé dans les entreprises de plus petites dimensions.

La rationalisation et l'efficience du travail font l'objet de nombreuses études et travaux, car elles déterminent l'évolution de l'agriculture : elles préoccupent les économistes, les sociologues et les agronomes.

*
* *

Sur le plan international, la Confédération européenne de l'Agriculture, la Commission européenne de l'Agriculture de la F.A.O., l'O.E.C.E., sans compter la Communauté Économique Européenne, se préoccupent des petites exploitations agricoles.

Plus particulièrement au sein de la Commission de l'Agriculture de la F.A.O., ce problème est à l'ordre du jour depuis 1957. On y a jusqu'à présent fait le point de la question. Du point de vue sociologique, un Groupe de Travail a été constitué dans lequel la Belgique est représentée par M. le Professeur G. Hoyois de l'Université de Louvain et par M. G. Simon, Directeur Général de la Société Nationale de la Petite Propriété Terrienne. Ce dernier a été chargé de mettre au point une enquête adéquate qui permettra, espère-t-on, une meilleure approche du problème. Un questionnaire très détaillé a été élaboré en collaboration avec MM. Hoyois, Simon, Verbelen, Moeyaert (qui a pris le relève de feu M. Jurdant, Secrétaire Général de la S.N.P.P.T.). Une enquête-test a été entreprise, fin 1959 début 1960, sur cette base, avec la précieuse collaboration des ingénieurs agronomes de l'État et de leurs aides techniques. Elle a permis d'une part d'apprécier la qualité de l'instrument et aussi de recueillir d'intéressants renseignements.

Les investigations ont porté sur ± 900 *petites exploitations familiales occupant au maximum, de façon permanente, deux unités de main-d'œuvre en plein emploi et au minimum une unité.*

Tout en examinant la situation sociale des intéressés, entendue dans un sens large (composition de la famille, de l'équipe de travail, formation générale et professionnelle des membres de la famille, la vie professionnelle, la vie culturelle et sociale en général, le milieu environnant, etc...), la situation économique a été prise en considération au point de départ, afin de faciliter la compréhenion d'une réalité économico-sociale dont les éléments sont indissociables et aussi pour permettre un classement des profils sociaux constatés suivant une échelle de niveaux économiques. Ces niveaux sont exprimés en valeur pécuniaire et se prêteront ainsi à des comparaisons avec des situations professionnelles extra-agricoles.

L'enquête devrait aussi aboutir à dégager la physionomie sociale de ces exploitations et les problèmes sociaux qui les affectent et à les préciser.

Le dépouillement complet de cette enquête-test n'est pas encore terminé ; on peut cependant en dégager déjà quelques enseignements.

Les 2/3 des fermes visitées ont une superficie comprise entre 5 et 15 Ha, soit pour être un peu plus complet :

40 % en dessous de 10 Ha
33 % de 10 à 20 Ha
15 % de plus de 20 Ha.

Le nombre de pièces de terre varie entre 7 et 14 par exploitation et plus de 2/3 des agriculteurs consultés désirent regrouper leurs parcelles : ils sont donc partisans du remembrement.

Le faire-valoir direct atteint de 30 à 35 % de la superficie, ces terres en propriété viennent d'un héritage dans 50 % des cas (66 % des cas dans les fermes de moins de 5 Ha.). Interrogés sur leur préférence quant au mode de faire-valoir, la réponse est nette, surtout dans le groupe d'exploitants au-dessous de 15 Ha ; 9/10 d'entre ces derniers préfèrent la propriété à la location (valeur patrimoniale stable). Il est remarquable de constater que, plus la superficie exploitée augmente, plus grande devient la préférence pour le système de faire-valoir indirect (location) : on pense davantage aux investissements et au capital d'exploitation.

A la question de savoir si l'enquête estime que les charges d'accession à la propriété diminueraient le niveau de vie de leur famille, la réponse est à 100 % affirmative au delà de 10 Ha.

65 % affirmative de 5 à 10 Ha
30 % affirmative en dessous de 5 Ha.

Le salaire calculé par heure de travail sans la rémunération du chef d'entreprise n'atteint que 18 frs dans les exploitations de 5 à 10 Ha, utilisant 2 unités de main-d'œuvre (ce qui est le cas pour 1/3 d'entre elles).

Cette rémunération monte à 20,50 Frs pour les mêmes exploitations n'utilisant que 1,7 unité de main-d'œuvre.

Dans les catégories de 15 à 20 Ha utilisant 2 unités de main-d'œuvre, la rémunération horaire (1) atteint 24 frs, cela ne signifie pas pour autant que les intéressés soient satisfaits, ni que le plein emploi soit réalisé.

93 % des enquêtés sont fils d'agriculteurs (cette proportion s'élève à 96 % pour les tout petits agriculteurs) ; 85 % de leurs épouses sont aussi d'origine agricole. On a souvent prétendu que les petits agriculteurs étaient à la tête de familles nombreuses ; l'enquête a révélé que la moyenne du nombre d'enfants par famille est de 2,7. Cette moyenne s'élève à 2,9 pour les fermes de 5 à 10 Ha et à 3,1 dans celles de 10 à 15 Ha (soit de 2 à 4 enfants).

Qu'en est-il de la formation et de l'information ?

Il y a lieu d'attendre un examen plus poussé des résultats ; toutefois, on ne constate guère de formation générale d'un niveau supérieur à l'école primaire. La formation agricole elle-même est très peu fréquente. Les journaux agricoles sont lus par beaucoup, la radio se retrouve partout à 10 % près et l'exploitant autant que son épouse l'écoutent. La télévision est très peu répandue dans ce genre de fermes (6-7 %).

En ce qui concerne les bâtiments, il semble bien que les bâtiments d'exploitation soient mieux appropriés que ceux de l'habitation.

De tout quoi il résulte que la situation est très loin d'être brillante dans les toutes petites exploitations (1 à 5 Ha). Cette catégorie a d'ailleurs diminué en nombre de 47.000 unités, (soit à peu près 25 %) entre le recensement de 1929 et celui de 1950. Il semblerait que, durant les dix dernières années, le rythme de régression ne ralentit guère et pourrait voisiner les 25 %. Il paraît y avoir plus de stabilité dans la catégorie de 5 à 30 Ha et même dans la catégorie de 5 à 10 Ha. Ceci nous amène à parler de l'exploitation minimale viable.

*
* *

(1) Le salaire horaire a été déterminé de la manière suivante :

$$\frac{\text{Production brute à l'Ha} - \text{Dépenses comprenant fermage et intérêts des capitaux.}}{\text{Nombre d'heures}}$$

La délimitation de l'unité de production agricole économiquement viable est fortement controversée.

Dans l'hypothèse de travail de la C.E.E. et certains travaux tendraient à la confirmer, on considère :

« qu'une surface de 20 Ha est en général un minimum pour permettre à l'entreprise familiale de faire face aux impératifs d'une agriculture moderne et de satisfaire les besoins de l'exploitant sans recours à des subterfuges extra-agricoles ».

Dans une telle perspective, on se rend compte immédiatement de l'ampleur des problèmes qui se posent plus particulièrement dans certains pays et dans certaines régions. En Belgique, par exemple, en nous basant sur les données du recensement de 1950, nous voyons que sur une superficie totale cultivée de 1.825.553 Ha, 1.338.453 Ha, c.à.d. 73 % sont répartis entre des fermes de moins de 20 Ha.

Cela signifie que si ces 1.338.453 Ha étaient répartis en exploitations de 20 Ha il y aurait encore en Belgique en tout et pour tout 80.000 exploitations agricoles.

Il faudra trouver de nouveaux emplois pour beaucoup d'agriculteurs par voie de migration vers de plus grands espaces pour y assurer une meilleure exploitation du territoire agricole, ou par voie de migration professionnelle, ce qui n'est guère aisé dans un pays à forte densité de population. Il faudrait dès lors et au plus tôt, préparer soigneusement ce genre de transfert afin d'éviter des souffrances.

Migrations professionnelles ? Vers le secteur tertiaire ? On le prétend pléthorique ! Vers l'industrie qui s'oriente vers l'automation, c.à.d. vers la très haute spécialisation et la réduction de sa main-d'œuvre ? Industrialisation des campagnes dans le cadre d'une économie régionale ? C'est assez vite dit. L'industrie aussi a ses problèmes, ses exigences et ses limites.

Ne pourrait-on trouver de solution dans le cadre de l'agriculture même ?

*
* *

Le Professeur Von Babo, plus optimiste que beaucoup, s'exprimait comme suit dans la revue *Fatis* (n° 2-1959) :

« Considérant qu'une exploitation doit être capable de faire vivre au moins deux familles et qu'une génération doit succéder à l'autre pour que l'exploitation continue d'exister, elle devrait procurer une occupation et un revenu suffisants pour deux travailleurs à plein temps, c.à.d., théoriquement pour deux chefs de famille. C'est moins le nombre d'Ha qui compte que la capacité de production. Il y a pourtant une

superficie minimum en-dessous de laquelle le mode d'exploitation le plus intensif ne pourrait assurer un revenu familial suffisant et il y a aussi un maximum au-delà duquel deux travailleurs à plein temps ne pourraient assurer le travail. La moyenne entre ces deux extrêmes se situerait en Allemagne du Sud, selon cet auteur, vers 4 Ha ».

M. VERBELEN, par la méthode des modèles et dans les conditions actuelles, aboutit pour des exploitations mixtes en moyenne à 10 Ha, tout en précisant que les combinaisons de facteurs les plus intéressants sont les plus favorables là où le pourcentage de culture sarclée est élevé.

Pour d'autres, les limites vont de 5 à 20 Ha.

Toutes ces considérations valent pour tenter de définir une exploitation agricole viable en tant qu'*unité de production*. Cette dernière notion évolue elle aussi. Les exploitations agricoles perdent leur autonomie ainsi que le note pertinemment D. R. BERGMANN (*Fatis* 15-6-9-58).

Elles ne sont plus toujours des unités économiques qui exécutent *toutes* les tâches nécessaires à la production agricole sur une étendue donnée de terre. Une partie de ces tâches peut être confiée à d'autres entreprises (entrepreneur de travaux, coopérative d'utilisation de machines, entr'aide entre agriculteurs). Même pour la gestion de son affaire et pour prendre des décisions très graves, l'agriculteur prend conseil à l'extérieur.

Les formules d'intégration verticale entre les exploitations agricoles et les entreprises qui lui fournissent les moyens de production ou écoulent leurs produits, aboutissent à un éclatement de l'exploitation qui cesse parfois dangereusement d'être indépendante (marchands d'aliments pour bétail, volaille, porc, veau).

Il est possible que les relations contractuelles entre agriculteurs, les fournisseurs de biens et de services, ainsi que les entreprises qui écoulent leurs produits, se développent et deviennent de plus en plus complexes.

C'est peut-être là ce que d'aucuns entendent par l'intégration de l'agriculture dans l'économie générale.

Une telle évolution rendrait de plus en plus indispensable :

a) une haute qualification du chef d'entreprise ;
b) une structure d'exploitation la plus souple permettant de s'adapter rapidement au progrès technique croissant, à une nouvelle orientation de sa production tout en restant adaptée à la famille car la transmission d'une génération à la suivante doit pouvoir s'opérer sans heurt pour l'entreprise ;
c) une réduction des coûts de production et en particulier des frais fixes ;

d) une combinaison des facteurs de production, la plus avantageuse, c.à.d., celle qui donne le plus haut revenu net total ;
e) une production de qualité et autant que possible de produits finis ;
f) une plus grande participation du producteur à la marge de commercialisation de ses produits ;
g) orienter la production de manière à adapter la production à la demande pour les produits à marché inélastique.

Certains voient le salut dans la spécialisation ; entendez par là, l'aviculture, production de porc, de baby beef, d'horticulture.

L'aviculture ? Il faudra pouvoir concurrencer ces sortes d'usines à poulets que l'on voit surgir un peu partout, ou s'intégrer dans un complexe. Produire des légumes ou des fruits ? Mais la couverture des besoins dans le Marché Commun est pratiquement satisfaite.

Il y a encore de la place pour des biens de haute qualité ou des produits non alimentaires et dont la demande est élastique (fleurs coupées, plantes ornementales, etc.). Encore faut-il organiser la production et le marché.

*
* *

Les petites exploitations agricoles familiales sont elles vraiment condamnées à disparaître ? On peut en douter.

Peut-on raisonnablement prétendre :

— qu'elles ont atteint leur maximum de production et de productivité,
— que ceux qui les dirigent ont une formation adéquate,
— que leur gestion soit toujours correcte,
— que leurs produits soient le mieux valorisés,
— que le cadre politique économique et social dans lequel ils évoluent soit le mieux adapté.

Résumé

L'auteur examine le cas de petites entreprises agricoles, leurs faiblesses et aussi leur potentiel.

Il tente d'en dégager les enseignements et les conditions du maintien ou de l'amélioration de leur viabilité et ainsi éviter des transferts intempestifs de travailleurs vers d'autres secteurs économiques.

Social-economic outlook of small agricultural holdings in Belgium

Summary.

The author examines the problem of small holdings, their weaknesses and their potential.

He endeavours to show what this information conveys about the conditions necessary for maintaining or improving their viability and thus prevent untimely transfer of labour to other sectors of economy.

Die sozial-ökonomische Physiognomie der kleinen belgischen landwirtschaftlichen Betriebe

Zusammenfassung.

Die Autor prüft den Fall der kleinen landwirtschaftlichen Betriebe, ihre Schwächen und auch ihre Kraftmöglichkeiten.

Es versucht daraus Lehren zu ziehen, die Bedingungen der Erhaltung oder der Verbesserung ihrer Lebensfähigkeit herauszuarbeiten, und somit die unzeitgemässe Abwanderung der Arbeiter in andere ökonomische Sektoren zu vermeiden.

Besonderheiten und Aussichten des Familienbetriebes

von Dr. G. Preuschen
Directeur, Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach (Allemagne occidentale)

Die Behandlung der Probleme des kleinen landwirtschaftlichen Betriebes oder des bäuerlichen Familienbetriebes leidet sehr oft darunter, dass « klein » und « gross » relative Begriffe sind, und auch die Familie keinen feststehenden Begriff nach Umfang und Zusammensetzung darstellt. Aus diesem Grund hat man sich in neuerer Zeit bemüht, die Begriffe genauer festzulegen. Das ist einfach, wenn man sie nur nach ökonomischen, nur nach arbeitswirtschaftlichen oder nur nach soziologischen Gesichtspunkten wählt. Da aber alle drei Gesichtspunkte zusammen betrachtet werden müssen, wird im nachfolgenden versucht, die neuesten Feststellungen und Überlegungen aus der deutschen Forschung zusammenzufassen.

I. — Was ist die Familienarbeitsgemeinschaft?

Ein Familienbetrieb entsteht durch die Arbeitsgemeinschaft einer Familie, deren Arbeit dem gleichen Berufsziel dient. Im landwirtschaftlichen Familienbetrieb ist das Berufsziel die Bewirtschaftung eines Betriebes. Familienbetriebe gibt es aber auch in anderen Berufen (z. B. Handwerker, Einzelhändler und dgl.). Die einzelnen Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft haben alle das gleiche Interesse, so dass ihre Leistung in der Regel keines besonderen Ansporns, etwa durch besondere Lohnformen, Auszeichnungen und dgl. bedarf. In der alten Zeit floss der Nutzen aus der Zusammenarbeit dem Familienvater zu, der daraus dem einzelnen Familienmitglied einen Anteil zuteilte. Dieser Zustand wird heute von der Jugend als besonders unerträglich empfunden und zerstört daher die Familiengemeinschaft. Jeder einzelne muss das Gefühl haben, dass es *sein* Betrieb und der Betriebserfolg *sein* Vorteil ist. Dazu ist es nötig, dass jedes Familienmitglied gleichberechtigten Nutzen vom Betriebserfolg hat. In welcher Form der Anteil des einzelnen gesichert ist, ist nicht so wichtig — es gibt sowohl feste Entlöhnungsformen in der Familie wie lose Absprachen über Vermögensanteile, Ausbildungsbeihilfe und dgl. Besonders wichtig ist das Problem für die Familienmitglieder, die nur in der Jugend auf dem Hof mitarbeiten, dann aber einen anderen Beruf wählen.

Die Wirtschaftsformen werden in der Regel so gewählt, dass jede Arbeitskraft aus der Familie einer ihrem Arbeitsvermögen entsprechende Arbeitsaufgabe erhält, also z.B. die jüngeren Menschen die körperliche Schwerarbeit, die älteren die verantwortungsreiche Arbeit, Frauen die pflegerische Arbeit usw. übernehmen können. Solange das gleiche Arbeitsinteresse vorhanden ist, bedarf der Familienbetrieb keiner festen Organisationsform und Aufgabenteilung mit exakt abgegrenzten Zuständigkeitsbereichen, sondern nähert sich mehr der Form der Partnerschaft. Am ausgeprägtesten ist dieses Verhältnis zwischen Mann und Frau der Betriebsleitergeneration, aber auch zur Generation der älteren wie zu der der jungen herrschen nach Befragungen in Deutschland in über zwei Drittel aller Fälle Partnerschaften ohne feste Vertragsformen. Diese Befragung hat auch deutlich gezeigt, dass die junge Generation nicht an einer bestimmten Regelung ihres Anteils im Betrieb interessiert ist, sondern nur gleichberechtigt in Verantwortung und Erfolg eingegliedert sein will — ohne den Anspruch auf Gleichheit in allen Dingen, etwa durch Reinertragsteilung. Diese zwei Drittel der Befragten sind eben Menschen, die zusammarbeiten wollen und daher alle Möglichkeiten dazu benutzen, ohne schriftliche Abmachungen dabei zu überschätzen. Weitere 25 % sind mit dem jetzigen Zustand unzufrieden und wünschen klare vertragliche Regelungen. Das ist der auch aus anderen Befragungen bekannte Prozentsatz kontaktarmer Menschen, die schriftliche, von Aussenstehenden kommende Regelungen vorziehen. Schliesslich gibt es 8 % ebenfalls Unzufriedene, denen mit keiner Regelung gedient ist, weil sie mit ihrer Umgebung immer in Streit liegen.

Da der Ausfall einer Arbeitskraft im Familienbetrieb eine empfindliche Lücke schafft und wegen der Organisationsarmut des Betriebes ein Fremder schlecht an die Stelle treten kann, tritt traditionell ein anderes Familienmitglied, mindestens in den Verantwortungsbereich, meist auch Tätigkeitsbereich des ausgeschiedenen. Besonders deutlich ist dies während der Kriege in der Vertretung des Bauern durch seine Frau geworden. Zur Arbeitsgemeinschaft der Familie gehört deshalb auch, dass jeder einzelne über die Aufgaben des anderen wenigstens orientiert ist. Die Verantwortungsbereiche werden weitgehend durch Tradition bestimmt, seltener durch Zweckmässigkeit. Sie bedürfen heute vielfach neuer Abgrenzungen. Aus der Zeit des Menschenüberflusses in der Landwirtschaft stammt ganz allgemein noch eine Geringschätzung des Wertes menschlicher Arbeit, Zugtiere wurden pfleglicher behandelt als Menschen. Die Erkrankung einer Pferdes war ein Unglück, durch Arbeitsüberlastung entstandener Körperschaden eines Familienmitgliedes wurde als persönliche Rücksichtslosigkeit oder gar Schuld des Betroffenen betrachtet. Besonders der

Arbeitsbereich der Frau muss heute neu abgegrenzt werden, allzu oft wird sie aus der früheren Vorstellung heraus überlastet, dass sie « froh sein muss, auf einen so schönen Bauernhof geheiratet zu haben ». Da der Bauer also gewohnt ist, dass alle Mitarbeiter das gleiche Interesse haben, fällt ihm die Rolle des Arbeitsgebers gegenüber familienfremden Arbeitskräften schwer. Besonders schwer fällt es ihm, eine begrenzte Arbeitszeit regelmässig einzuhalten — am liebsten würde er auch am Sonntag arbeiten lassen. Das lässt ihn in den Augen des Arbeiters unsozial erscheinen und hat zur Abneigung gegen die Stellung eines Landarbeiters sehr viel beigetragen. Daher hat der Familienbetrieb oft grössere Schwierigkeiten, Lohnarbeiter zu bekommen als der Grossbetrieb.

Die Folgen dieser besonderen Arbeitsgemeinschaft sind bestimmte Verhaltensweisen und Wirtschaftsbedingungen. Zwischen einem ökonomischen Wirtschaftsziel und privaten Interessen wird kaum unterschieden. Daher ist der bäuerliche Familienbetrieb eine « Lebensform » und lässt sich nicht so leicht nach wirtschaftlichen Masstäben untergliedern und statistisch erfassen. Das wirtschaftliche Verhalten der bäuerlichen Familie wird weniger vom Gelddenken beeinflusst als vom Denken im Jahres - oder Lebenserfolg. Bis heute wird die Vermehrung der Substanz höher eingeschätzt und als Erfolg gewertet als die Verfügung über Geld (Zeichen eines guten Bauern sind Betriebsvergrösserung, bessere Gebäude, mehr und besseres Vieh, mehr und neuere Maschinen). Diese Einstellung bringt besondere Schwierigkeiten für die Beratung. Wenn der Berater seine Vorschläge nur durch Rentabilität begründen kann, wird der Bauer sehr oft sie nicht verstehen und ganz etwas anderes tun. Wenn er das Geld hat, einen grösseren als den wirtschaftlich notwendigen Schlepper zu kaufen, so wird er es tun. Wie sollte er sonst sich selbst (und den Nachbarn !) den Erfolg seines Wirtschaftens beweisen ! Leider wird dann noch oft Ursache und Wirkung verwechselt : Er kauft eine grössere Maschine, um in Zukunft mehr Erfolg zu haben und ist erstaunt, wenn dieser nicht eintreten kann. Ähnliche Überlegungen verursachen auch oft zu teure und falsche Wirtschaftsgebäude.

Die Wirtschaftsbedingungen werden durch die Familie in bestimmten Grenzen festgelegt. Die Arbeitsmacht der Familie hängt in der Regel von der Familiengrösse ab. Diese hat sich in historischer Zeit gewandelt. Je weniger Aussicht auf die Gründung einer selbständigen Familiengemeinschaft besteht, um so grösser sind die Familiengemeinschaften, die dann nicht nur aus der direkten Linie Grosseltern, Eltern, Kinder, sondern aus den Anverwandten in jedem Glied bestehen. Das ist die alte *Sippe*, die zum Teil mit ausgesprochener Arbeitsteilung, aber doch in einer Arbeitsgemeinschaft gewirtschaftet hat. Solche Sippen

(in der Organisationsform der « Zadruga ») gab es z.B. in Serbien bis 1945. Eine Sippe kann über 20 und mehr Arbeitskräfte verfügen. In Serbien war diese Sippe unter einen « Ältesten » geordnet, der die Arbeit und das Einkommen verteilte. Die einzelnen Familien der Sippe hatten oft Spezialberufe (Handwerker, Müller, Kellermeister u.ä.), da eine arbeitsteilige Volkswirtschaft dort noch nicht bestand.

Daneben gibt es die *Grossfamilie*, im wesentlichen durch eine grosse Kinderzahl einerseits und durch die Unmöglichkeit der Eheschliessung aller Personen andererseits begründet. Sie ist gekennzeichnet durch viele jugendliche Arbeitskräfte und unverehelichte Anverwandte. Solche Grossfamilien gibt es heute noch in den Alpenländern und im Mittelmeerraum, besonders in Italien. Sie verfügen etwa über 5 bis 12 Arbeitskräfte. An ihre Stelle tritt, nach Ländern verschieden, aber überall, die *Kleinfamilie*, die über 1 bis 4 Arbeitskräfte verfügt. Man rechnet in Deutschland im allgemeinen mit 2 Arbeitseinheiten für die bäuerliche Familie, die im Maximum etwa von 4 Arbeitspersonen gestellt sein können. Eine Einheit = AK (unité de travail = UT) ist eine vollwertige, gesunde männliche Arbeitsperson zwischen 18 und 60 Jahren. Jüngere und ältere, weibliche und kränkliche werden umgerechnet. Genau kann man das nur im Einzelbetrieb machen, da die « Vollwertigkeit » ein sehr relativer Begriff ist. Für die Statistik muss man sich einiger weniger Umrechnungsmerkmale bedienen, so dass die Statistiken über Arbeitskrafteinheiten in der Landwirtschaft immer nur einen sehr begrenzten Aussagewert haben.

Eine weitere Besonderheit ist die Schwankung der Zahl der Arbeitspersonen im Gegensatz zum organisierten Unternehmerbetrieb. Hier wird, nach Tradition oder Planung, eine bestimmte Anzahl von Arbeitspersonen festgelegt, an der sich im Regelfall nichts ändert, da ausscheidende durch Neueinstellungen ersetzt werden. Im Familienbetrieb wird nicht eine bestimmte Zahl von Arbeitskräften gehalten, ein Zuviel abgestossen, ein Zuwenig durch Neueinstellungen ergänzt, sondern man nimmt als Regel die durch den Generationswechsel oder durch Zufälligkeiten entstehenden Änderungen der Arbeitskapazität in Kauf. In geringem Umfang wird durch Einstellung lediger Arbeitskräfte ein Ausgleich bei Ausfall familieneigener Arbeitskräfte verursacht ; im ganzen führt das Schwanken aber heute mehr als früher zu wirtschaftlichen Schwierigkeiten. Im Gebiet der fränkischen Besiedlung Mittel- und Westeuropas ist daher ein System der raschen Anpassung der Betriebsgrösse an den veränderten Arbeitsbesatz des Betriebes durch jährliche Zu- oder Abverpachtungen entwickelt worden. In fränkischen Dörfern erbt jedes Kind den Grundbesitz zu gleichen Teilen. Dadurch haben alle, auch die nichtlandwirtschaftlichen Personen Landbesitz und es ist genügend Land für diesen Grössenausgleich

da. Oft entstehen sogar vorübergehend mehrere Betriebseinheiten, etwa wenn der Vater einen selbständigen, verkleinerten Betrieb behält und dem Sohn vorerst einen Teil übergibt, so dass dieser, meist zum Zeitpunkt der Heirat, einen eigenen, wenn auch kleinen Betrieb übernimmt. Zu diesem pachtet er sich soviel Land dazu, wie er mit seiner Arbeitskraft schaffen kann. Wenn seine Kinder dann herangewachsen sind, ist meist der Vater so alt, dass er seinen « Altenteilsbetrieb » ganz aufgibt und dem Sohn überlässt. Dieses System gibt nicht nur eine gute Ausnutzung der jeweiligen Arbeitskapazität, sondern beseitigt die meisten Streitpunkte zwischen den Generationen. Diese Betriebsgrössenänderung ergibt eine bessere Anpassung des Arbeitsbedarfs an die Kapazität der Familie als die Änderung der Mechanisierung oder die Änderung der Produktionsintensität, weil sie selbst Minderungen oder Mehrungen der Arbeitskapazität von einem geringen Teil bis zu mehreren Arbeitskrafteinheiten auszugleichen erlaubt.

II. — Erscheinungsformen des Familienbetriebes

Die Erscheinungsformen des Familienbetriebes müssen logischerweise ausserordentlich verschieden sein, weil, wie gezeigt, die Familie und ihre Arbeitsmacht sehr verschieden sein kann und dazu nun in ganz verschiedenem Umfang Land dazugehören kann. Man kann in Deutschland etwa drei Gruppen unterscheiden (in anderen Ländern müsste man wahrscheinlich nach oben und nach unten mindestens noch eine Gruppe hinzufügen, wie etwa in Amerika, wenn man dort nordamerikanische Farmen und mexikanische Selbstversorgerwirtschaft berücksichtigen will. Bei grossen Landflächen und der Tendenz zur Kleinfamilie, die immer eine Folge des Wohlstands ist, kommt es zu extensiven Landnutzungsformen. Sie sind in Deutschland vorwiegend im Nordwesten verbreitet, teilweise auch im Alpenvorland. Hier werden Landflächen zwischen 30 und 100 ha von Kleinfamilien mit 2 bis 4 Arbeitskräften bewirtschaftet. Das bedeutet vorwiegend Weideviehhaltung ; im extremen Fall nur Viehmast während der Weidezeit. Die Geldroherträge dieser Nutzungsformen liegen zwischen 500 und 800 DM/ha. Trotzdem sind Arbeitseinkommen von 3.000 bis 5.500 DM möglich, also im Familienbetrieb ausreichend, wenn alle Familienangehörigen am Betrieb interessiert sind und nicht etwa ihre Arbeitseinkommen bar entnehmen wollen. Das Interesse an einer höheren Produktion ist gering. Sie würde auch erhebliche Kapitalaufwendungen für verstärkte Mechanisierung erfordern und oft auch noch die Einstellung von ein bis zwei Landarbeitern.

Im mittleren Teil Westdeutschlands und in Bayern herrscht der mittelbäuerliche Typ vor. Hier treffen Landflächen zwischen 10 und 30 ha mit Familien von 2 bis 4 Arbeitskräften zusammen. Der Arbeitsbesatz ermöglicht einen leistungsfähigen Ackerbau, oft allerdings mit einem verhältnismässig starken Anteil von Grünland mit mittelmässigen Erträgen verbunden. Die Viehdichte je ha ist stärker als bei dem extensiven Viehhaltungstyp Nordwestdeutschlands. Trotz der geringeren Fläche in diesen Betrieben liegt das Arbeitseinkommen ebenfalls bei 3.000 bis 5.500 DM je AK. Das Familieneinkommen ist also kaum geringer als in den grösseren Betrieben. Man kann umgekehrt folgern, dass die bäuerliche Familie kein unbegrenztes Gewinnstreben hat, sondern einen bestimmten Lebensstandard. Je nach Betriebsfläche und Güte der natürlichen Verhältnisse wird so gewirtschaftet, dass dieser Standard erreicht wird. Die « besten » Familien liegen dann etwa bei 7000.- DM, die Masse der mittleren und schlechteren bei 3000.- bis 4000.- DM Arbeitseinkommen.

Die dritte Gruppe mit Schwerpunkt in Südwestdeutschland sind Betriebsflächen zwischen 5 und 15 ha bei einer Familienarbeitskraft von 1 bis 3 Einheiten. Sie werden meist durch sehr intensiven Ackerbau und Ackerfutterbau genutzt, zum Teil sind auch Spezialkulturen vertreten (Obst, Wein, Hopfen). Andere Spezialkulturen wie Tabak, Beerenobst und Gemüse findet man vorwiegend in Betrieben unter 5 ha, in denen die Familie aus der landwirtschaftlichen Arbeit nur noch einen Teil ihres Einkommens bezieht. Die hier erreichten Einkommen schwanken stärker, da der Einfluss der Kenntnisse und des Wollens eines Betriebsleiters um so stärker ist je kleiner der Betrieb wird und je empfindlicher die angebauten Kulturen. Im Prinzip werden aber die gleichen Einkommenshöhen angestrebt wie in den grösseren Betrieben und auch erreicht. Die Viehdichte je Futterfläche steigt an, auf die gesamte Nutzfläche bezogen bleibt sie oft gleich. Da der ganzjährig gleichbleibende Arbeitsbedarf der Viehhaltung den produktiven Einsatz der ebenfalls ganzjährig vorhandenen Familienarbeitskräfte erleichtert, ist eine starke Viehhaltung auch dort üblich, wo der Rohertrag je ha von Ackerfrüchten höher liegt als der der Futterflächen.

III. — Die Erfolgsmöglichkeiten des Familienbetriebes

Bis zur Industrialisierung war im europäischen Drei-Felder-System der Betriebserfolg im wesentlichen von der Landmenge und von der Bevölkerungsvermehrung abhängig. Bei gleichbleibenden Naturalerträgen je ha, gleichbleibender Bevölkerungszahl und annähernd glei-

chen Preisen bleibt es bei gleichem Betriebseinkommen je Kopf der Landbevölkerung. Steigt die Bevölkerungszahl bei gleicher Landfläche ohne Beschäftigungsmöglichkeit ausserhalb der landwirtschaftlichen Betriebe, sinkt proportional das Betriebseinkommen je Kopf. Die rasche Bevölkerungsvermehrung nach 1700 ergab unlösbare Probleme, da die Ertragsfähigkeit der Böden in Europa nachliess, und neues Land nicht mehr zu erschliessen war. Der Ausweg : Auswanderung und Industrialisierung wurde erst gewählt, nachdem die Landwirtschaft ein Max mum von Menschen aufgenommen hatte. Ab 1835 bleibt die Landbevölkerung in Deutschland konstant ; die Erträge steigen sehr rasch, die Lebensansprüche zum Teil langsamer, so dass zeitweise die Lage der Landwirtschaft sehr günstig war. Heute liegt das grosse Problem darin, dass die Zuwachsrate der Produktion etwa bei 2 % jährlich liegt, die Zuwachsrate des Lebensstandards der Gesamtbevölkerung in Westseutschland bei ca. 5 bis 7 %. Bei der Landbevölkerung kommt oft noch ein wirklicher oder auch nur geglaubter Nachholbedarf hinzu, so dass das Betriebseinkommen je Kopf verglichen mit anderen Berufen ungenügend ist. Besonders schwerwiegend ist das dort, wo zu viele Menschen, deren Arbeitskraft produktiv nicht ausnutzbar ist, meist aus Tradition in der Landwirtschaft tätig sind.

Eine Untersuchung unseres Instituts an dem Material, das den « Grünen Berichten » der deutschen Bundesregierung zu Grunde liegt, hat für das Jahr 1956/57 z.B. ergeben, dass in fast allen Betriebsgrössengruppen und Anbausystemen ein Überbesatz an Menschen, gemessen an der damaligen Mechanisierung vorhanden war. Dieser Überbesatz ist am grössten in den grösseren Futterbaubetrieben. Hier ist eben eine Betriebsform beibehalten worden, die die vorhandenen Arbeitskräfte nicht produktiv auszunutzen gestattet. Umgekehrt ist in den leistungsstarken Zuckerrübenbetrieben kein Überbesatz, da hier die vorhandene Arbeitskapazität durch Vermehrung des Arbeitsbedarfs ausgeglichen wurde. Die folgende Tabelle gibt an, um wieviel Prozent der Arbeitsbesatz der Betriebe im Durchschnitt über dem Bedarf liegt.

Abschliessend kann man feststellen, dass das Einkommen der Familienbetriebe kaum von der Betriebsgrösse (ausser gewissen Grenzwerten), nur wenig von Klima und Boden, dafür entscheidend von Betriebsorganisation, Anbauverhältnis und Viehhaltung sowie Arbeitsorganisation bestimmt wird. Alle diese Faktoren sind aber in erster Linie vom Menschen abhängig — und jede Änderung muss daher zuerst beim Menschen beginnen. Erst danach kann es richtig sein, die sachlichen Voraussetzungen der Agrarstruktur zu ändern.

Mehrbesatz an AK in vH vom Bedarf

Land bzw. Betriebsgruppe (*)	10-20 ha.	20-50 ha.	über 50 ha.	Durchschnitt
Schleswig-Holstein				
H	61	24	42	42
HG	45	36	38	40
GH	39	44	48	44
GF	42	44	42	43
F	73	94	34	66
Durchschnitt	52	48	41	47
Niedersachsen				
Z	37	20	16	24
K	54	49	22	42
HG	95	50	44	63
HF	68	72	51	64
GH	67	41	26	45
F	71	105	64	80
Durchschnitt	65	56	37	53
Nordrhein-Westfalen				
Z	33	—	—	—
K	60	—	—	—
HG	52	76	55	63
HF	74	—	—	—
GH	78	56	39	63
F	62	105	85	74
Durchschnitt	60	79	60	65
Bayern				
H	51	62	38	50
HG	58	72	83	71
HG	73	—	—	—
GH	80	81	77	89
GF	76	100	82	86
F	91	106	52	83
Durchschnitt	71	84	66	74

(*) Die Betriebsgruppen sind entsprechend ihrem Bodennutzungssystem mit folgenden Buchstaben bezeichnet:

H = Hackfruchtbaubetriebe
HG = Hackfrucht-Getreidebaubetriebe
GH = Getreide-Hackfruchtbaubetriebe
HF = Hackfrucht-Futterbaubetriebe
GF = Getreide-Futterbaubetriebe
F = Futterbaubetriebe
K = Kartoffelbaubetriebe
Z = Zuckerrübenbaubetriebe

IV. — Erhöhung des Arbeitseinkommens

Wenn die Leistung des bäuerlichen Familienbetriebs in erster Linie vom Menschen abhängig ist, so muss eine Besserung aller Verhältnisse, auch der wirtschaftlichen, von der Erziehung und Ausbildung der bäuerlichen Bevölkerung abhängen. Dazu gehören alle Massnahmen kultureller Art, angefangen von der Volksschule im Dorf über die landwirtschaftliche Fachschule und den allgemein bildenden Volkshochschulen bis zur Universität. Dazu gehört auch eine aktive kulturelle Betreuung, auf die das flache Land ebenso Anspruch hat wie die Stadt und schliesslich gehört dazu ein Beratungswesen, das dem Bauern nicht nur die Fortschritte der Wissenschaft vermittelt und zwar in einer Form, wie sie für den Praktiker fassbar und anwendbar sind, sondern die sich auch um das gesamte bäuerliche Leben kümmert.

Die notwendige Zuwachsrate an Produktion ist abhängig von der Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse in der Produktionstechnik, von der richtigen Zusammenordnung der Betriebsteile im Betrieb und von einer zweckvollen Arbeitswirtschaft. In der Vergangenheit hat die Verbesserung der Produktionstechnik entscheidend zu einer Erhöhung des Arbeitseinkommens beigetragen. Die Bemühungen der produktionstechnischen Wissenschaften dürfen, deswegen nicht geringer werden, auch wenn das naturwissenschaftliche, besonders agrikulturchemische Wissen in den Lehrplänen unserer Landwirtschaftsschulen zu sehr betont wird. Zur Anwendung der Produktionstechnik gehört heute mehr und mehr betriebswirtschaftliches und arbeitswirtschaftliches Denken. Diese beiden Arbeitsgebiete sind im Lehrplan der Hochschulen, wie in dem der landwirschaftlichen Schulen, bisher sträflich vernachlässigt worden. Mindestens ein Drittel der verfügbaren Zeit für die Ausbildung in den verschiedenen Schulformen sollte für diese beiden Fachgebiete zur Verfügung stehen. Ausserdem muss die Forschung erheblich verstärkt werden. Die Fortschritte in betriebswirtschaftlichen Erkenntnissen sind viel zu langsam, so dass der Bauer auf sehr viele Fragen noch keine Antwort bekommen kann.

Die ebenso notwendige wie überall noch gering entwickelte Marktforschung kann ebenfalls dem Betriebsleiter die Erkenntnisse vermitteln, die zu einer besseren Verwertung seiner Produkte führt. Aber auch die beste Marktforschung kann nicht darüberhinweg täuschen, dass die Markstituation der Landwirtschaft prinzipiell geändert werden muss. Vor 100 Jahren hat die Landwirtschaft nicht nur die Ernährung der Menschen geliefert, sondern auch die Rohstoffe für den grösseren Teil der Industrie. Heute ist die Landwirtschaft praktisch nur noch Nahrungslieferant. Die Zunahme der europäischen Bevölkerung ist ge-

ring, gleichzeitig sinkt der Nahrungsbedarf je Kopf durch die Erleichterung der industriellen Arbeit, weiter sinkt der Bedarf je Kopf, dadurch, dass die Menschen älter werden, also der Anteil der Jüngeren immer mehr zurückgeht ; der Heranwachsende hat aber einen grösseren Nahrungsbedarf als der Ausgewachsene. Bestenfalls bleibt also der Umsatz der Landwirtschaft an Nahrungsmitteln gleich, vielleicht sinkt er sogar noch laufend etwas ab. Die Landwirtschaft ist eine Produktion, die vorwiegend mit Festkosten, kaum mit mengenabhängigen Kosten belastet ist. Eine solche Produktion muss unwirtschaftlich werden, wenn das Arbeitseinkommen steigen soll, der Umsatz aber gleich bleibt. Eine Erhöhung der Preise kann nur vorübergehend Hilfe geben, zumal im internationalen Handel die europäische Landwirtschaft eine schwache Preissituation hat.

Eine grundsätzliche Besserung kann nur dadurch erreicht werden, dass die Landwirtschaft wieder zum Rohstofflieferanten wird. Ansatzpunkte dazu sind vorhanden. Der belgische Flachsbau hat sich bis heute gehalten, die holländische Strohpappenfabrikation kann noch erheblich ausgedehnt werden. Daneben bestehen vielversprechende Züchtungen, z.B. Sonnenblumen als Rohstoff für Zellwolle, Maisstroh und Spindeln (Kolbenrückstände) für Zellulose usw. Der einzelne landwirtschaftliche Betrieb ist nicht in der Lage, solche neuen Rohstoffe im Anbau zu entwickeln und ebenfalls die Anwendungstechnik der Weiterverarbeitung, ohne die heute kein Industriezweig sich auf einen anderen Rohstoff umstellt. Hier liegen grosse Aufgaben für grosse landwirtschaftliche Zusammenschlüsse oder für die Regierung.

Wenn es nicht gelingt, durch industrielle Rohstoffe neue Absatzmärkte der Landwirtschaft zu erschliessen, muss damit gerechnet werden, dass die landwirtschaftliche Bevölkerung Europas zurückgeht. Der Wunsch nach steigendem Arbeitseinkommen zwingt den einzelnen Landwirt zu immer grösseren Produktionsmengen. Bei gleichbleibendem Absatzmarkt muss es dazu kommen, dass Familien aus dem Produktionsprozess ausscheiden, für die einfach ein Arbeitseinkommen nicht mehr zu erzielen ist. Man kann sich mit Resignation mit diesem Zustand abfinden ; ich bin aber der Meinung, dass die in der landwirtschaftlichen Wissenschaft Verantwortlichen nicht resignieren dürfen, sondern alle Wege aufzeigen müssen, um der landwirtschaftlichen Bevölkerung Europas in allen ihren Teilen eine gedeihliche Entwicklung ohne Schrumpfungsprozess in der Zukunft zu zeigen. Wenn diese Möglichkeiten von den Regierungen und der landwirtschaftlichen Praxis nicht erkannt oder aus anderen Gründen nicht realisiert werden, so darf das die Wissenschaft nicht entmutigen.

V. — Die Bedeutung des Familienbetriebes

Die Familienarbeitsgemeinschaft bietet dem Menschen den ihm gemässesten Arbeitsplatz und alle Voraussetzungen für die Entwicklung seiner eigenen Persönlichkeit. Jeder organisierte Lohnarbeitsbetrieb muss notgedrungen die Freiheit des einzelnen einengen und durch die Einseitigkeit des Arbeitsplatzes die Persönlichkeitsentwicklung hemmen. Daran ändert auch die Verkürzung der Arbeitszeit nichts. Immer wird und muss die Arbeitszeit länger sein als die Freizeit ; dementsprechend formt die Arbeit den Menschen auch mehr als die Freizeit es kann.

In der natürlichen Produktion ist ausserdem die Familienarbeitsgemeinschaft die Organisationsform, die wegen der viel engeren Zusammenarbeit mit der Natur zu höheren Leistungen als jeder Grossbetrieb kommen kann. Deswegen produziert ja auch der Familienbetrieb weder teurer noch schlechter als der Grossbetrieb. Noch immer haben die russischen Kollektivbetriebe trotz der heutigen Fortschritte der Produktionstechnik, der Pflanzensorten und der Mechanisierung noch nicht die Erträge erreicht, die gute russische Bauern bereits 1914 auf ihren Feldern hatten ; ganz zu schweigen von dem katastrophalen Ertragsrückgang under dem kommunistischen Regime in Mitteldeutschland. Es besteht also weder ein ökonomischer Grund noch ein menschlicher, die Familienbetriebe grundsätzlich ändern zu wollen, sie in eine Art nachgemachten Grossbetrieb oder Kollektivwirtschaften zu verwandeln. Man muss nur dem Bauern das nötige Rüstzeug geben, damit er sich den wechselnden Produktionserfordernissen als Betriebsleiter wie als eigener Arbeiter zweckmässig anpassen kann. Dann braucht man keine Sorge zu haben, dass der bäuerliche Anteil der Bevölkerung mit seinen menschlich nicht ersetzbaren Leistungen für die Gesamtheit zurückgeht oder gar abstirbt.

Zusammenfassung.

Der Begriff des landwirtschaftlichen Kleinbetriebes oder des landwirtschaftlichen Familienbetriebes leidet unter dem Mangel einer genauen Definition der Worte « klein », « gross » und « Familie ». Diese müssen unter dem ökonomischen, dem arbeits-ökonomischen und dem soziologischen Standpunkt betrachtet werden.

1. *Was ist eine « Familienarbeitsgemeinschaft » ?*

Der Familienbetrieb wird von der Familienarbeitsgemeinschaft bearbeitet ; deren Handlung ist auf das gleiche Berufsziel gerichtet und hat dieselben Interessen.

Eines der Merkmale der Familienarbeitsgemeinschaft ist es, dass jedes seiner Mitglieder wenigstens von den Aufgaben der anderen Mitglieder in Kenntnis gesetzt ist. Die Tradition hat häufig mehr als die Nützlichkeit den Bereich der Verantwortlichkeit festgelegt.

Die Arbeitskraft der Familie hängt von deren Grösse ab. Der Begriff der Familiengemeinschaft hat sich im Laufe der Zeit geändert und bleibt mit dem Milieu verbunden.

Der Familienbetrieb ist durch die Schwankungen der Anzahl an Arbeitern, d.h. Arbeitskraft, gekennzeichnet, was gewisse Anpassungen bedingt.

2. *Formen des Familienbetriebes.*

Die Formen des Familienbetriebes sind durch das Arbeitspotential und durch die zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche bedingt.

3. *Chancen des Familienbetriebes...*

Der ökonomische Stand der Landwirtschaft hat sich je nach den Zeiten verändert. Zur Zeit verringert sich in Deutschland der relative Wert des landwirtschaftlichen Einkommens im Vergleich zum Einkommen der anderen Sektoren der ökonomischen Aktivität. Aus diesem Grunde besteht dort, wo die landwirtschaftlichen Arbeitskräfte sehr reichlich sind, ein besonders schwieriges Problem.

4. *... und ihre Verwirklichung.*

Um das Arbeitseinkommen des Betriebes zu vergrössern, muss man die Erzeugung steigern, das Preisniveau der Erzeugnisse erhöhen, oder die Zahl der landwirtschaftlichen Familien verringern. Man kann auch einen Druck auf die Gestehungskosten ausüben oder nach anderen Möglichkeiten der Erzeugung suchen.

5. *Die Wichtigkeit des Familienbetriebes.*

Der Familienbetrieb bietet die günstigsten Bedingungen für die Entwicklung von selbständigen Menschen und bedingt eine Zusammenarbeit.

Particularités et aspects de l'exploitation agricole familiale

Résumé.

L'étendue de la petite exploitation agricole ou de l'exploitation agricole familiale souffre du défaut de définition précise des termes « petit », « grand » et « famille ». Ceux-ci doivent être étudiés sous le point de vue économique, le point de vue de l'économie du travail et le point de vue sociologique.

1. *Qu'est-ce que la « Communauté familiale de travail » ?*

L'entreprise familiale est exploitée par la communauté familiale de travail dont l'action est orientée vers les mêmes fins professionnelles et vise les mêmes intérêts.

Une des caractéristiques de la communauté familiale de travail est le fait que chacun de ses membres est au moins informé des tâches confiées à ses partenaires. La tradition, bien plus fréquemment que l'utilité, a fixé les domaines de responsabilité.

Le potentiel de travail de la famille dépend de la dimension de cette dernière. La conception de la communauté familiale a varié dans l'histoire et reste liée au milieu.

L'exploitation familiale est caractérisée par les fluctuations du nombre d'ouvriers, donc de la capacité de travail, ce qui nécessite certaines adaptations.

2. *Formes de l'exploitation familiale.*

Les formes de l'exploitation familiale sont liées au potentiel de travail et à la surface agricole disponible.

3. *Chances de l'exploitation familiale...*

La situation économique de l'agriculture a varié selon les époques. Actuellement, en Allemagne, le revenu agricole diminue en valeur relative par rapport au revenu des autres secteurs de l'activité économique. De ce fait, il se pose un problème particulièrement grave où la main-d'œuvre agricole est pléthorique.

4. *... et leur réalisation.*

Pour augmenter le revenu du travail de l'exploitation, il faut accroître la production, relever le niveau des prix des produits, ou réduire le nombre de familles agricoles. On peut aussi faire pression sur les prix de revient ou rechercher d'autres possibilités de production.

5. *L'importance de l'exploitation familiale.*

L'exploitation familiale offre les conditions les plus favorables au développement d'individus indépendants et engage à la coopération.

Particulars and aspects of family farming

Summary.

The size of the small agricultural holding or family farm is not properly defined by the words « small », « large », and « family ». The latter must be considered from the economic, labour potential and sociological point of view.

1. *What is « Family Labour Community » ?*

The family holding is cultivated by the Family Labour Community for the same professional end, and the same profits.

One character of the Family Community is the fact that each member is at least informed of the tasks entrusted to his partners. Tradition, much more frequently than utility, has fixed the fields of responsibility.

The labour potential of the family depends on the composition of the latter.

The family holding is marked by fluctuations in the number of workers, consequently in the labour capacity, which makes necessary certain adaptations.

2. *Forms of family holding.*

The forms of the family holding are bound to the labour potential and to the available farm land.

3. *Chances of the family holding...*

The economic situation of agriculture is liable to variations. At present, in Germany, the agricultural return grows less in comparison with the return in other branches of economic activity. This fact brings forth a particularly serious problem where agricultural hand-labour is superabundant.

4. *... and their carrying out.*

In order to increase the profits of the holding, it is necessary to develop the production, and to raise the prices of the products, or to reduce the number of agricultural families.

5. *Importance of family holding.*

Family farming offers favourable conditions for the development of independent individuals, and encourages cooperation.

Aperçu sur l'évolution de la petite exploitation agricole aux Pays-Bas

par A. J. Wichers
Institut de Sociologie rurale, Landbouwhogeschool, Wageningen (Pays-Bas)

I. — Quelques observations sur l'évolution économique

Qu'entendons-nous par petite exploitation agricole ?

Une définition se basant sur une simple indication de superficie ne peut nous satisfaire. Il n'est pas exact de prétendre que toutes les exploitations inférieures à 10 ha, par exemple, sont de petites exploitations agricoles, car il est possible, et ce dans une proportion qui va croissant, de remplacer des terres par de l'équipement technique (donc par des investissements de capitaux), ce qui, souvent, va de pair avec la spécialisation. On peut ainsi créer des exploitations très rentables bien que réduites en superficie, mais parfois importantes par la nombreuse main-d'œuvre qu'elles occupent. L'horticulture nous en fournit beaucoup d'exemples et l'agriculture, au sens restreint du terme, connaît aussi ce phénomène, par exemple, sous la forme d'élevage intensif de porcs ou de volailles.

De sorte que la différence entre « petites » et « grandes » exploitations est très difficile à préciser. Il est par ailleurs malaisé d'inventorier et d'évaluer les investissements de capital et d'établir ensuite si l'ensemble des terres et des investissements de capital permet de dire que nous avons affaire à une exploitation rentable ou à une petite exploitation exposée à un manque de rentabilité. Sans entrer dans le détail des calculs, je puis vous dire que, selon les estimations de l'Institut de Recherche en Économie Agricole, il y avait, en 1958, en Hollande, de 40 à 45.0000 (c'est-à-dire ± 20 %) exploitations submarginales et même anti-économiques. Cela signifie que ces exploitations, lorsqu'on a déduit l'intérêt de leurs propres investissements, ne rapportent même pas le revenu d'un ouvrier. Le pourcentage monte à ± 35 % si, au lieu de l'exploitation, on se base sur le nombre de travailleurs.

La norme de la superficie n'est pourtant pas tout à fait inutilisable car il est un fait avéré que plus l'étendue des exploitations est petite, plus la menace d'être peu rentable devient réelle. Cela est, en tout cas, vrai pour les exploitations de grande culture et d'élevage. Dans cet

ordre d'idées, voici quelques indications s'appuyant sur le critère de superficie :

	1957 nombre	%
Agriculture :		
a. Exploitations de 10 hectares et plus	76.000	44
b. Exploitations de 1-10 hectares	98.000	56
total	174.000	100
Autres utilisations :		
c. Exploitations horticoles (plus de 0,01 ha)	36.000	
d. Exploitations subsidiaires (plus de 1 ha)	23.000	
total général	233.000	

Ainsi qu'on le voit, es 10 ha constituent la ligne de partage entre les grandes et les petites exploitations agricoles.

Toutefois, beaucoup de voix s'élèvent en vue d'augmenter cette norme de 10 ha. La situation est telle, en tout cas, que dans le plus nouveau polder du Zuiderzee seront aménagées des unités minima de 15 ha. Une exploitation y aura une superficie de 15 ha ou d'un multiple de 15 ha.

Les origines de la tendance selon laquelle les exploitations doivent répondre à des exigences toujours plus rigoureuses en ce qui concerne leurs terres et leur équipement technique, sont généralement connues. C'est l'évolution économico-technique de notre ère et la mécanisation et la rationalisation qui en résultent. A quel point l'agriculture hollandaise répond-elle aux exigences de notre ère ? Référons-nous d'abord aux quelques indices des années 1910 et 1950. En 1910, 62 % des exploitations agricoles (à l'exclusion de l'horticulture) étaient inférieures à 10 ha ; en 1950, ce pourcentage s'élève également à 62 %. Il n'y a donc guère eu de changement. Nous verrons plus loin que la tendance à l'extension ne se révèle qu'après 1950.

L'agriculture hollandaise ne semble pourtant pas restée en arrière au cours de la période 1910-1950, comparativement à celle des autres pays ; ceci est dû, en ordre principal, à sa spécialisation et à sa rationalisation poussées. Le « produit noble » ou « produit fini » est devenu par là un article caractéristique de l'agriculture hollandaise. Cela signifie, si nous tenons compte à nouveau de l'horticulture, qu'à cette époque, de grosses sommes ont été investies dans les exploitations. C'est ainsi que, par exemple, le nombre d'exploitations horticoles a plus que doublé de 1910 à 1950 ; il est passé de 15.500 à 37.500 unités. Nous espérons qu'ainsi, après 1950, la comparaison soit favorable pour l'agriculture hollandaise.

Pour expliquer cette évolution, on allègue la situation géographique de la Hollande au cœur du trafic européen et de grands centres de consommation tels que la Ruhr, les régions industrielles de Belgique, de Londres ainsi que les grands centres industriels anglais.

II. — La vieille culture rurale

Tout cela est, incontestablement, très important, mais cette explication économique ne suffit pas à mes yeux. L'argument sociologique joue également un rôle prépondérant et s'avère, d'une manière générale, indispensable pour expliquer les phénomènes agricoles des pays de la C.E.E. Ce genre d'argument n'a cependant éveillé, jusqu'à présent, que peu d'intérêt. C'est la raison pour laquelle je me propose de m'y arrêter plus longtemps, car il permet, à mon avis, de donner une image plus nette et plus valable des phénomènes qui se passent au sein de l'agriculture hollandaise et européenne.

Il est nécessaire pour cela de considérer quelques aspects historiques de la position relative des populations rurales dans la société. Notre civilisation fut caractérisée, en général, par une différenciation très nette de la puissance respective des villes ou des « seigneurs » d'une part et des campagnes d'autre part. Pour être plus précis, les campagnes se rangeaient souvent dans la catégorie des dominés et ce phénomène était vrai, non seulement en Hollande, mais dans l'Europe entière et même dans d'autres civilisations.

Il faut noter aussi que la campagne et la ville, ou le rural et le « seigneur », se caractérisaient par une grande différence de culture correspondant à leur différence de position sociale. Cette différence de position est un des facteurs qui aura modelé l'ancienne culture rurale ; c'est un facteur typique pour la civilisation du passé. Plus complets les facteurs fondamentaux de cette culture rurale semblent avoir été :

a) La majorité des populations étaient sous la dépendance directe des terres, c'est-à-dire que cette majorité était rurale et qu'une agriculture peu productive les tenait sous une menace constante de pauvreté.
b) Le petit format d'une communauté rurale peu compliquée et peu différenciée, établie sur des territoires caractérisés souvent par un manque de sécurité et par l'instabilité politique.
c) L'esprit non-intellectuel, fortifié à la campagne d'un isolement spirituel résultant du fait que les importantes fonctions sociales étaient remplies, la plupart du temps, par des non-ruraux provenant de centres non-ruraux : l'administration, la magistrature, l'armée, souvent la religion, l'enseignement et le commerce. Si je vous cite

quelques-unes de ces principales fonctions, c'est pour illustrer le fait que le rural ne remplissait habituellement pas beaucoup de fonctions qui exigeaient une formation intellectuelle supérieure et qui pouvaient améliorer ses conceptions ou sa formation.

Ces trois facteurs, chacun en soi formant un ensemble compliqué, nous les qualifions de facteurs fondamentaux de la vieille culture rurale. Ils forment la structure, d'après laquelle cette culture a été grandement modelée. Il n'est pas possible de donner ici toutes les explications nécessaires pour relater la vieille culture à cette structure. Notre exposé est nécessairement un peu « kaléidoscopique ». Mais pour vous, auditeurs, qui connaissez plus ou moins la campagne et son histoire, il suffira de vous rappeler cette vieille structure, qui pendant des siècles avait un aspect naturel.

Maintenant, également de manière kaléidoscopique, je vous cite quelques traits de la vieille culture se basant sur cette structure. On les a trouvés en Hollande et probablement aussi dans d'autres pays.

Vous vous souvenez que souvent, parmi les ruraux, toute autre profession que celle de travailleur de la terre est inconcevable ; la profession agricole est considérée comme une évidence absolue et, par voie de conséquence, tout leur système d'éducation est axé sur ce postulat.

Je vous rappelle que, souvent, on trouve les gens de la campagne sobres, frugaux et même avares ou attachés à l'argent. Il semble qu'on se réfère ici aux conditions de pauvreté réelle ou menaçante, à l'insécurité de la récolte et à une insécurité plus générale.

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant non plus de constater que la stratification sociale à la campagne, quand elle existe de façon accentuée, est basée sur la possession de terres. Un grand agriculteur a plus de prestige qu'un petit, un propriétaire plus qu'un preneur à bail, un agriculteur indépendant plus qu'un métayer.

Le petit format, le peu de diversification de la société rurale, de même que son isolement spirituel, semblent être à la base d'un contrôle social assez strict qui existe à la campagne. Ce contrôle de chacun sur chacun résultera d'un besoin d'ordre social. La petitesse et l'isolement en ont fait un ordre rigide. La conduite de l'exploitation fait aussi partie de cet héritage. C'est ainsi que des règles strictes, quoique routinières, sont de rigueur et se caractérisent par l'expression « c'est ainsi que cela se fait ».

Tout cela dénote déjà une mentalité nettement anti-intellectuelle. Travailler signifie pour le rural « travailler avec les mains ». Ceux qui ne travaillent pas manuellement sont considérés comme ne travaillant pas du tout.

Dans une telle optique, l'instruction constitue un gaspillage tout à fait superflu. Celle-ci était réservée aux « seigneurs » mais tout qui

n'appartient pas à cette catégorie d'élite devait tout simplement travailler.

L'isolement spirituel sera aussi la cause la plus importante du complexe d'infériorité qu'on retrouve de part et d'autre dans les campagnes. Ce sentiment semble le plus accentué dans les régions soumises à l'influence directe des « seigneurs » ou des villes.

Pendant des siècles, cet ensemble de choses n'a guère subi de changement d'où il résultera que l'ancienne culture rurale est aussi essentiellement anti-dynamique ou conservatrice. On ne s'attendait à aucun changement, donc on ne s'y préparait pas le moins du monde. L'ensemble de la culture et en particulier l'éducation, n'avait qu'un seul but : faire ressembler les enfants à leurs parents.

III. — L'effet lointain de la vieille culture

Disons tout de suite que cette ancienne culture n'est pas demeurée intacte et que les traditions rurales sont déjà sérieusement battues en brèche. Naturellement cette culture a été attaquée, parce que le dynamisme de la société moderne a changé la structure fondamentale avec laquelle la vieille culture était en équilibre. Mais insistons-y, cette ancienne culture n'appartient pas encore au passé. Nous avons affaire ici au phénomène de l'effet lointain. Il se peut, en effet, que la réalité sur laquelle repose le système culturel se soit écroulée tandis que les anciennes idées persistent toujours. Étant elles-mêmes périmées, ces idées vont alors induire l'individu en erreur au lieu de constituer pour lui un guide sûr.

Je voudrais illustrer la chose par deux exemples. Un élément essentiel de l'ancienne conception était qu'il n'y a qu'une seule profession. Dans les circonstances d'aujourd'hui ce n'est plus vrai. Mais la campagne n'en est pas encore entièrement convaincue. D'où il résulte une mauvaise orientation professionnelle des ruraux. Ainsi, une enquête faite en Hollande sur la nature des professions exercées par les fils d'agriculteurs qui ont quitté l'agriculture, a révélé que 35 % d'entre eux sont descendus dans l'échelle sociale, tandis que 12 % seulement ont amélioré leur sort. La cause en est évidente : par suite de l'idée qu'ils doivent inéluctablement devenir agriculteurs, la plupart de ces fils d'agriculteurs ne se sont jamais sérieusement préparés à une autre fonction. Lorsque, faute de place, ils furent contraints, à un moment donné, à gagner leur pain dans un autre secteur économique, ils ont dû accepter des postes tout à fait subalternes. De même, beaucoup de ces jeunes gens sont demeurés dans l'agriculture alors qu'ils auraient dû chercher un emploi ailleurs ; s'ils ne pouvaient pas changer de profession, c'est surtout faute d'une préparation sérieuse. Pour cette

raison, la demande de terres reste forte et, par la même occasion, il y a tendance au maintien de la petite exploitation, de même que de celle qui manque de capital.

Un deuxième exemple réside dans le fait que trop peu de ruraux continuent leurs études après l'école primaire. Une enquête a démontré, en 1955, que 41 % seulement des agriculteurs hollandais indépendants avaient reçu une instruction post-primaire agricole. C'est une réelle absurdité si l'on réalise la complexité des exploitations agricoles dans lesquelles il faut, à tout moment, être suffisamment éclairé pour prendre des décisions adéquates.

Parallèlement à cela, pour l'accession à n'importe quelle fonction de bureau, on exige des candidats une instruction secondaire, et ce, pour y remplir des fonctions contrôlées. Or, il saute aux yeux que l'exploitation agricole exige une formation plus générale et plus appropriée et en l'occurrence, l'instruction primaire est nettement insuffisante. Pourtant, la majorité de nos agriculteurs ont reçu un enseignement primaire seulement. Cette constatation nous révèle à nouveau un effet lointain de l'ancienne attitude anti-intellectuelle.

IV. — Une phase intermédiaire de « traditionalisme éclairé »

Qu'avons nous observé jusqu'à présent ?

D'une part, qu'il y a une évolution économique qui a provoqué des changements dans l'exploitation et que l'agriculture hollandaise a profité des chances de sa situation, d'autre part, qu'il y a dans cette même agriculture (ou chez les mêmes agriculteurs) une résistance contre des changements plus profonds. Une conclusion pourrait être que les changements s'effectuent peu à peu et qu'en Hollande il y avait une phase intermédiaire bien remarquable d'un « traditionalisme éclairé ». Dans cette phase — entre autres — les orientations vers le marché se fortifiaient.

Bien qu'il y ait des différences régionales, on peut probablement dire, pour la Hollande, que ce traditionalisme éclairé a saisi beaucoup de gens et en comprend toujours beaucoup. D'un côté, restait un groupe traditionaliste qui, bien que diminuant, représente, à présent, la plupart des 20 % des exploitations qui sont anti-économiques. Dans celui-ci, on rencontre toujours des exploitations de subsistance ; d'autres sont ou trop petites, ou trop peu spécialisées, ou encore présentent des spécialisations trop désuètes.

De l'autre côté, figurent les agriculteurs modernes. Cette dernière catégorie groupe beaucoup de gros agriculteurs, mais elle en comporte aussi des petits, notamment parmi les exploitations spécialisées. Elle

comprend, par exemple, beaucoup de fructiculteurs professionnels (qui sont à la tête de 3 ou 4.000 exploitations). Il semble de plus en plus typique que ces « modernes » entretiennent des relations avec la bourgeoisie ; certains d'entre eux en étant d'ailleurs originaires.

V. — La petite exploitation et les adaptations

Pour les petites exploitations (quelle que soit leur définition), la situation est assez compliquée. Celles-ci peuvent être originaires de ces développements modernes ; il se peut aussi qu'elles aient continué d'exister malgré ces développements et soient alors trop petites ou trop peu spécialisées. De même, certaines exploitations plus grandes peuvent se trouver en arrière.

Dans ce domaine de l'adaptation, il y a encore beaucoup de différences régionales, ainsi que dans les causes de la non-adaptation éventuelle de la petite exploitation. Il est possible qu'il s'agisse d'un manque de capital ou d'autres emplois. Il se peut aussi que la vieille culture en soit l'origine. Le plus souvent, ces deux causes vont de pair et se fortifient mutuellement.

Généralement, il y a la tendance que l'ancienne orientation soit plus forte au fur et à mesure que l'exploitation s'amenuise et cela se comprend. Les agriculteurs plus importants peuvent se permettre de s'orienter vers des horizons plus larges par suite de leur plus grande prospérité et de leur moindre sujétion à l'exploitation. Les petits agriculteurs ne peuvent en faire autant, parfois aussi parce que leur milieu ne tolérerait pas qu'ils se livrent à quelque « extravagance ». Il s'ensuit que les petits peuvent se trouver dans un isolement spirituel plus fort que les grands agriculteurs.

Mais des explications énumérées plus haut, il résulte qu'il n'y a pas de règle stricte, que le petit exploitant est le plus enclin à la vieille culture. Outre les variations régionales, il y a aussi les différences entre les types d'exploitations (les types divers d'horticulture et d'agriculture) et entre les divers aspects de la culture. Probablement, avant la guerre, les gros agriculteurs étaient les plus conscients dans le choix d'un avenir pour leurs enfants ; à présent, les petits sont au moins les plus réservés dans les considérations de leurs chances de succès en agriculture.

Du point de vue sociologique, les petites exploitations sont alors, à part le fait qu'elles représentent la majorité, difficilement séparables de l'ensemble. C'est là la raison pour laquelle je prends les petites exploitations dans un cadre général. Je voudrais continuer ainsi.

VI. — La phase moderne se manifeste

Il y a lieu de considérer que selon toute probabilité l'agriculture hollandaise, dans son ensemble, est en voie d'évolution rapide vers le modernisme. Une des indications pour cela est une moindre pression pour l'achat de terres. Ainsi que je l'ai déjà dit, le nombre d'exploitations d'une superficie inférieure à 10 ha a commencé à décroître à dater de 1950. Il a régressé de 6 % en sept années. Mais plus éloquents sont les indices qui ont trait à l'enseignement, car les indices de superficie ne peuvent donner une vision nette qu'en combinaison avec ceux des investissements de capital.

Rappelons qu'en 1955, 41 % seulement des exploitants actifs avaient reçu quelque forme d'enseignement post-primaire. Mais si l'on considère cette année, la catégorie des moins de 35 ans, 70 % d'entre eux ont reçu un enseignement post-primaire. La catégorie des fils aidants de 25 ans et plus en accuse déjà 83 %. Et il faut ajouter que cet enseignement post-primaire s'est sensiblement amélioré, car il comprend des proportions croissantes d'enseignement de plein exercice et d'enseignement secondaire. Cela varie d'ailleurs beaucoup d'un endroit à l'autre. Dans certaines régions agricoles ou horticoles modernes, le pourcentage d'exploitants ayant reçu un enseignement post-primaire est le double d'ailleurs. Les nouveaux polders du Zuiderzee et une région horticole l'emportent sur toutes les autres car en 1955, 85 à 90 % des exploitants actifs avaient reçu un enseignement post-primaire.

VII. — Une évolution graduelle

Nous rappellerons que l'agriculture hollandaise s'est déjà précocement engagée dans la voie de la spécialisation et, corrélativement, dans celle d'un « traditionalisme éclairé » ; elle progresse graduellement vers le modernisme. Certes, cette évolution ne s'effectuait pas sans heurts. Les années qui suivirent la deuxième guerre mondiale en donnent un exemple. La guerre avait assoupi quelque peu les traditionalistes. Tout était rentable à l'époque, on gardait les jeunes gens à la maison sous l'un ou l'autre prétexte, le paysan était le producteur de la nourriture populaire. Mais quand la situation redevint plus normale et qu'il fut évident que la mécanisation avait fait des progrès énormes, l'exploitant fut confronté avec des exigences plus rigoureuses et connut un dur réveil sans très bien comprendre ce qui se passait. Heureusement, tout cela n'a déclenché que peu de mouvements irrationnels prétendant restaurer et protéger l'ancienne position du paysan. La mise en valeur

des campagnes et l'industrialisation progressive des petites villes y fut probablement pour quelque chose.

Pourquoi l'évolution de notre pays s'est-elle accomplie d'une façon assez harmonieuse ? La faible étendue et la proximité de son hinterland y auront contribué. Mais le développement historique général ne peut être négligé non plus.

En général, il semble (mais une comparaison plus exacte avec d'autres pays serait nécessaire) qu'on peut dire que la campagne hollandaise n'ait pas beaucoup souffert d'une négligence féodale, patricienne et plus tard bourgeoise. Pour faire une observation sur le féodalisme : les régions du Nord-Ouest et du Nord n'ont jamais été féodalisées. Aussi, la domination des villes ne semble pas avoir créé des antagonismes trop prononcés. Notre pays ne connaît par exemple pas la situation d'une métropole unique, concentrant toutes les activités chez elle. Les villes du centre hollandais (qui est à l'Ouest) bien qu'elles fussent dominantes (et bien qu'elles semblent avoir créé un sentiment d'infériorité campagnarde dans leur orbite) n'ont pas pu imposer un absolutisme permanent sur tout le pays.

Je dirige votre attention vers cette histoire sociale parce qu'on retrouve les anciennes situations dans les cultures régionales. Je vous ai mentionné les sentiments d'infériorité (une indication étant un fort préjugé pour la ville). Il semble qu'ils pouvaient donner à une culture régionale un aspect conservateur et qu'ils sont un obstacle pour la modernisation du genre de vie dans son entier. D'autre part, le sentiment d'avoir été toujours des gens libres favorise la modernisation. Dans la période du traditionalisme éclairé, beaucoup des initiatives de modernisation de l'exploitation sont venues des régions jamais féodalisées. De là, elles se sont réparties assez rapidement dans notre petit pays. Citons la Frise par exemple, qui s'est distinguée par l'amélioration de son bétail, de sa production de plants de pommes de terre et qui a été le centre du mouvement coopératif. J'estime que c'était bien important pour l'agriculture hollandaise qu'il y eût des régions de telle histoire et que ces régions formassent une proportion significative de l'ensemble des campagnes. Les autres régions qui avaient moins ou qui n'avaient pas de telles initiatives pouvaient facilement imiter.

Cette harmonie relative sera aussi à l'origine de l'absence d'importants éléments de discordance. L'un de ceux-ci peut se concrétiser en un « parti paysan » ou quelque mouvement revendicatif de paysans économiquement faibles. En Hollande, on signale de temps à autre un mécontentement organisé, mais ce n'est jamais fort important. C'est ainsi qu'il existe à l'heure actuelle une « Association pour la liberté d'exploitation en agriculture » ; avant la dernière guerre, les nationaux-socialistes avaient leurs partisans à la campagne ; après la

guerre, est né un petit « parti paysan ». L'Association pour la liberté d'exploitation en agriculture n'a qu'un faible pourcentage de partisans, tandis que le « parti paysan », qui s'était associé aux ultras parmi les commerçants (boutiquiers), circonstance fort caractéristique pour des mouvements de ce genre, n'a même pu obtenir le quotient électoral requis lors des dernières élections pour le Parlement. Cela signifie qu'il n'a pas obtenu un cent-cinquantième des suffrages valablement exprimés.

VIII. — Une politique de structure

Les phases de développement n'étant pas trop divergentes dans les différentes parties du pays, de même que l'évolution progressive et sans grands heurts des ruraux vers des conceptions plus modernes, auront permis au gouvernement de poursuivre une politique de structure modernisante. Cette politique était fort nécessaire, parce qu'après la guerre l'évolution économique s'était accélérée.

Cette politique remonte donc aux années d'après-guerre malgré l'état d'aisance résultant des circonstances dans lesquelles les paysans s'étaient quelque peu engourdis et malgré aussi le dur réveil qui s'en est suivi. La nouvelle politique vise à l'amélioration structurelle de l'exploitation, c'est-à-dire que l'on tend vers des exploitations plus grandes et mieux équipées. Face aux petites exploitations qui ne disparaîtront pas dans un proche avenir, la politique vise à accroître les investissements de capital donc à l'intensification et à la spécialisation, compte-tenu du développement des marchés.

Comme certaines des anciennes tendances ont persisté à la campagne, on a continué encore à créer ou à acheter des exploitations anti-économiques. Par ailleurs, les vieux ne peuvent pas si facilement changer de profession. Il en résulte que la nouvelle politique ne peut avoir de succès qu'à longue échéance. Dans l'« ancien pays », c'est-à-dire dans les régions où les terres sont cultivées depuis de nombreuses générations, il faudra avoir de la patience. Dans les terres nouvellement mises en culture, comme dans les polders du Zuiderzee, la situation est différente ; là, il n'y a pas d'exploitations anti-économiques. Dans ces polders, c'est l'État qui est le propriétaire des exploitations, lesquelles sont remises à des preneurs à bail emphytéotique. Cela évite la création d'exploitations peu rentables. Mais au fur et à mesure que la jeune génération, qui comprend beaucoup mieux les exigences d'une exploitation moderne, qui connaît mieux aussi les débouchés et les possibilités qu'offrent les autres professions et qui ne veut pas gagner moins que les autres, arrive à remplacer les vieux, on peut prévoir que, même dans l'« ancien pays », l'assainissement l'emportera sur les idées

périmées. Cette politique ne vise donc pas à retenir autant que possible les gens à la terre. Ce n'est pas que le gouvernement voudrait voir partir tous les ruraux à Amsterdam ; il cherche plutôt à établir un équilibre harmonieux entre les centres importants et les centres moins importants, mais il n'est pas hostile à l'urbanisation comme telle.

Les groupements d'intérêt paysan s'opposent parfois à cette politique structurelle à laquelle ils préfèrent une politique de prix qui permette la rentabilité même des exploitations anti-économiques par essence et qui réduise à un minimum les risques de l'exploitation agricole. Il s'avère cependant que la politique structurelle est acceptée de plus en plus par les paysans. On perçoit, de la part des organisations d'agriculteurs, des signes d'orientation consciente vers la modernisation du genre de vie. Cela est apparu clairement à l'occasion d'un grand congrès jubilaire d'une organisation agricole où la perspective de voir un agriculteur moyen prendre des vacances, organiser ses loisirs de façon variée, était considérée comme normale. Le vieux dicton selon lequel seul peut devenir un bon agriculteur celui qui a grandi à la ferme fut même jugé archaïque. C'était une réunion de porte-parole paysans les plus expérimentés, pourtant on peut prévoir qu'ils ne demeureront pas les seuls à se réorienter. Afin de soutenir cette tendance, le gouvernement aide les organisations agricoles à mettre sur pied un système de vulgarisation agrico-sociale. Cette vulgarisation serait entreprise par des fonctionnaires de formation sociologique.

IX. — Détachement définitif du passé

Nous avons parlé, au début, de conceptions séculaires qui semblaient aller de soi, de sortes d'évidences ou de postulats, un ordre des choses inéluctable. Un paysan ne concevait pas un autre genre de vie que la sienne. Un gros agriculteur trouvait aussi normal de jouer un rôle prépondérant au village. Le paysan pensait aussi qu'il était un membre méritant de la société par le seul fait qu'il était paysan. Il résultait de cette conception un certain droit exclusif d'être agriculteur, quelle que soit la rentabilité de l'exploitation, le droit aussi d'être « rustique » dans toutes ses conceptions, parfois même dans ses complexes d'infériorité. Les agriculteurs doivent pourtant accepter, à présent, qu'ils représentent une minorité dans une société ouverte et que leur droit à l'existence exige une prestation économique réelle. D'une manière plus générale, les paysans doivent réaliser de rester « fonctionnels » dans la société moderne : pour cela, ils ont besoin d'entrer en relation avec le reste de la société et, pour maintenir ces relations, ils doivent être des gens cultivés. Tout cela est une révolution, bien que se déroulant dans le calme.

Mais pour le gouvernement aussi, la nouvelle politique était une révolution ; car, jusqu'à une époque récente, il partageait, dans leurs grandes lignes, les mêmes idées que le paysan. L'opinion publique n'était guère différente. Ses convictions étaient étayées par une littérature romantique qui magnifiait la « vie en pleine nature » et un paysannat assez naïf ou encore par des politiciens partisans des idées de la pureté raciale, du « Sang et du Sol ». Dans les milieux scientifiques, on était affermi dans ces conceptions par un courant du début de la sociologie selon lequel on ne trouvait la santé primitive du corps et de l'esprit qu'à la campagne et que la ville ne pouvait subsister qu'en s'alimentant du sang frais des campagnes car elle courait à sa perte après quelques générations.

Jusqu'à une époque récente, on croyait généralement que le paysan était « de nature » comme on le connaissait ; on allait même jusqu'à croire que seule la vie paysanne était une vie naturelle. Là où ces idées ont cours, on peut être aussi d'avis que le nombre de paysans doit être maintenu au besoin artificiellement ; les notions « d'être paysan » et « d'être rustique » ont acquis une certaine intangibilité.

En Hollande, ces idées ne se sont jamais implantées dans leurs formes extrêmes, ce qui est probablement dû aux harmonies relatives. Le gouvernement les a maintenant abandonnées, tandis que les groupements conservateurs en sont encore quelque peu contaminés, mais probablement ne tarderont-ils pas à suivre le mouvement.

X. — Conclusion

Pour conclure, j'ai l'impression que rien dans le climat agricole ne pourrait être plus néfaste à la Communauté Économique Européenne (C.E.E.) qu'une politique agricole commune axée sur des idées périmées, ou créée sous la pression d'intérêts paysans qui se protègent derrière de telles idées. J'estime donc qu'il n'y a aucune raison à tenir les paysans en général et les petits paysans en particulier, dans une position d'exception ou de protection (à part ce qui est nécessaire pour faire fonctionner une agriculture qui est économique dans l'essence). Les exploitations trop petites ne peuvent plus être considérées comme des enfants chéris ou servir de solutions pour remédier à des tensions qui demandent d'autres solutions. Il vaudrait mieux les considérer comme posant une question qui doit être résolue. Je pose cela en principe, me rendant compte du fait que l'exécution amène à des situations ambiguës aussi en Hollande.

Cependant, cet assainissement devra être positif et il faudra fournir aux gens de nouvelles et réelles possibilités.

Les régions rurales, à forte densité de population et d'orientation nettement agricoles, auront besoin, non seulement de cet assainissement, mais aussi de plus grandes possibilités d'éducation et d'emploi, car des migrations professionnelles trop intenses ne seront, la plupart du temps, ni recommandables, ni réalisables. On peut, dès lors, dire que l'assainissement des campagnes débouche sur une politique d'harmonisation de la structure économique et sociale en général. Il s'agira probablement d'une structure de transition sans heurt et d'une répartition bien étudiée des centres économiques et culturels.

Résumé.

L'évolution technique et économique enregistrée au cours des dernières décennies a rendu nécessaire l'extension de la superficie des exploitations agricoles et leur intensification (notamment par l'apport croissant de capitaux).

Aux Pays-Bas, jusqu'en 1950, l'étendue moyenne des fermes a peu augmenté ; par contre, on s'est tourné vers l'intensification et la spécialisation. Cette orientation était possible grâce à la situation géographique de la Hollande, au carrefour d'une Europe fortement peuplée.

Divers facteurs sociologiques ont agi sur l'agriculture européenne et l'on n'insiste pas assez sur eux.

Pour le paysan, l'exploitation de la terre était le seul métier possible et ce concept séculaire est à la base du mode de vie et de travail traditionnaliste qui a cours dans certaines petites exploitations, mais aussi dans des plus grandes.

Ce mode de vie et de travail a cependant subi l'assaut des années ; une sorte « de traditionalisme éclairé », fondé sur l'organisation de l'entreprise conformément aux exigences du moment, lui a succédé. Graduellement, on passe à la conception moderne de la vie d'après laquelle la profession agricole n'est plus la seule valable. La pression sur la propriété foncière diminue et l'enseignement professionnel se développe.

L'évolution se fait graduellement et avec harmonie. Le nombre des entreprises non rentables diminue : certaines disparaissent et les superficies qu'elles libèrent permettent l'accroissement du domaine des exploitations subsistantes ; d'autres s'intensifient et ne disparaîtront pas à court terme.

Les agriculteurs acceptent, généralement, cette évolution et renoncent à leurs vieilles idées. Il n'y a pas de raison pour adopter une politique d'exception à l'égard des petits cultivateurs. A leur égard, il faut appliquer une politique d'assainissement positif basée sur le développement de l'enseignement et la création de possibilités nouvelles de travail. Une telle politique ne peut provoquer de trop vastes mouvements migratoires et doit s'exercer dans le cadre d'une politique d'harmonisation de la structure économique et sociale générale.

An outline of the development of the small agricultural holding in the Netherlands

Summary.

The technical and economic development noted during a number of years has rendered necessary the enlargement of the cultivated area of farm holdings as well as their intensification (namely by increasing contribution of capital).

Until 1950, in the Netherlands, the average size of farms has not increased to a large extent, but intensification and specialization were developed. This was made possible by the geographic situation of the Netherlands at the crossroads of crowded Europe.

Various sociological factors took effect upon European agriculture, and were not given sufficient attention.

For the peasant, farming was the only possible trade and that age-long concept dominates the way of living and of traditional working in certain small farms, but also in some larger ones. However, years have altered this and a sort of « enlightened traditionalism », grounded upon an organization of the holding adapted to the demands of the time, has followed. Gradually, a more modern idea of living makes its way, showing that farming is no longer the only possible profession. The pressure upon land property grows down and professional training develops.

This evolution works gradually and smoothly. The number of holdings which do not pay keeps decreasing ; some disappear, allowing an enlargement for the remaining ones ; some others are intensified and will not disappear within a short time.

Farmers generally accept those changes and throw up their old ideas. There is no reason for applying an exceptional policy to small farming. A positive reorganizing policy based upon the development of school training and the creation of new employment possibilities is needed. Such a policy should not cause any too large migration movement ; it must be part of a fitting plan of the economic and social structure.

Überblick über die Entwicklung des kleinen landwirtschaftlichen Betriebes in Holland

Zusammenfassung.

Die technische und ökonomische Entwicklung, die man in den vergangenen zehn Jahren hat feststellen können, hat es notwendig gemacht, die landwirtschaftliche Betriebsfläche zu vergrössern, und diese zu intensivieren (vor allem durch eine Steigerung der Kapitalsinvestierung).

Bis 1950 hat sich in Holland die durchschnittliche Grösse der Höfe nur wenig vergrössert ; jedoch hat man sich der Intensivierung und der Spezialisierung bedient. Diese Richtung einzuschlagen war wegen der geographischen Lage Hollands, das sich am Kreuzwege eines sehr bevölkerten Europas befindet, möglich.

Verschiedene soziologische Faktoren haben auf die europäische Landwirtschaft eingewirkt, man betont diese jedoch nicht genügend.

Für den Bauern was die Bearbeitung des Bodens der einzig mögliche Beruf, und diese sekulare Auffassung ist das Fundament der traditionsgemässen Arbeit, die in manchen Kleinbetrieb, aber auch in grösseren betrieben angewandt wird.

Diese Art zu leben und zu arbeiten ist jedoch im Laufe der Jahre angegriffen worden. Eine Art von « aufgeklärtem Traditionalismus », der auf der Organisation des Betriebes, gemäss der augenblicklichen Forderungen, aufgebaut ist, folgte darauf. Allmählich geht man zum modernen Begriff des Lebens über, nach welcher der landwirtschaftliche Beruf nicht mehr der einzig gültige ist. Der Druck auf das Bodeneigentum nimmt ab, und die berufliche Lehre entwickelt sich.

Die Entwicklung geht allmählig und harmonisch vor sich. Die Zahl der nicht rentablen Betriebe geht zurück ; verschiedene verschwinden, und die Flächen, die frei werden, ermöglichen die Vergrösserung der bestehenden Betriebe ; andere intensivieren ihre Bearbeitungsmethoden und verschwinden nicht in Kürze.

Die Bauern nehmen für gewöhnlich diese Entwicklung an und geben ihre veralterten Ideen auf. Es liegt kein Grund dafür vor, eine Ausnahmepolitik für die kleinen Bauern zu machen. Was diese anbetrifft, so muss man eine Verbesserungspolitik anwenden, die auf der Entwicklung des Lehrunterrichts und der Gründung von neuen Arbeitsmöglichkeiten besteht. Eine solche Politik darf zu keinen zu weitgehenden Auswanderungen führen und muss im Rahmen einer Politik der Übereinstimmung der ökonomischen und der generell sozialen Struktur ausgeführt werden.